

Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente

Avaliação das Emissões de Dióxido de Carbono numa Refinaria

O Caso de Estudo da Refinaria de Sines

Ricardo Jorge Martins Vieira

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade Nova de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente, perfil *Gestão de Sistemas Ambientais*

Orientador: Professor Doutor Francisco Manuel Freire Cardoso Ferreira

Lisboa 2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, ao Professor Doutor Francisco Ferreira pela orientação e pelo empenho na revisão desta tese de mestrado.

Agradeço também ao Departamento de Ambiente da Refinaria de Sines não só pela cedência dos dados utilizados indispensáveis para a realização desta tese mas também pela disponibilidade que apresentaram durante os 6 meses de estágio, nomeadamente Eng. Maria Santos, Eng. Sandra Dias, Eng. Pedro Antunes e Eng. Miguel Delgado.

Também é importante referir os meus amigos e colegas de curso, Pedro Clemente, Filipa Colaço, Luis Dias e Pedro Pereira, um enorme agradecimento pelo inestimável apoio e paciência.

Quero agradecer ao meu amor, Andreia, pelo enorme apoio, motivação e compreensão que me proporcionou durante a realização desta dissertação.

Também a minha família, um agradecimento por me terem proporcionado tudo o que era necessário para chegar até aqui e continuar a poder-vos mostrar tudo o que ainda serei capaz de fazer. Dedico esta tese de mestrado aos meus queridos avós Júlia e António que, certamente, estarão orgulhosos do neto.

RESUMO

As alterações climáticas representam um dos maiores desafios actuais à escala global e são uma grave ameaça ao desenvolvimento sustentável, provocando uma variedade de impactes nefastos na sociedade e na economia.

O aumento da população mundial e a contínua ambição pelo crescimento económico das sociedades actuais ancorados a uma utilização de energia baseada maioritariamente em combustíveis fósseis, e consequentes emissões de gases com efeito de estufa (GEE), encaminham a civilização actual para um futuro problemático.

Este estudo pretende dar um contributo no âmbito da redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂), o principal gás de efeito de estufa em termos quantitativos à escala mundial, dando particular atenção ao papel que as empresas podem desenvolver nesse contexto. O desafio consiste em direccionar a intervenção do sector privado para actividades e processos que potenciem o combate às alterações climáticas, evitando aqueles que, pelo contrário, as agravem. Para além das exigências legais a que as empresas estão sujeitas, existem ainda diversas medidas e iniciativas de ordem voluntária que podem ser implementadas de forma a contribuir positivamente para mitigar este problema.

O principal objectivo do presente trabalho consiste na quantificação e avaliação das emissões totais de CO₂ da Refinaria de Sines. O presente trabalho decorre de um estágio com a duração de seis meses no Departamento de Ambiente da referida unidade industrial. Mais especificamente, este objectivo foi prosseguido através da inventariação das emissões directas e indirectas associadas à actividade da refinaria.

A análise dos resultados obtidos permitiu estimar uma emissão de 2,5 milhões de toneladas de CO₂ em 2007. Apesar de se tratarem de realidades diferentes, este resultado é superior em cerca de 21% (aproximadamente 448 000 tCO₂) face às emissões reportadas pela Refinaria incluídas no mecanismo de comércio europeu de licenças de emissão, no período 2005-2007.

Adicionalmente, foi proposto um conjunto de medidas de melhoria para redução das emissões dos diversos sistemas, apresentando-se como exemplo a forma de deslocação dos colaboradores, para a qual foram desenvolvidos cenários alternativos. Dessa análise sugere-se a utilização exclusiva do transporte colectivo pelos colaboradores, o que resultaria numa redução das emissões anuais em 150 toneladas de CO₂ face à situação actual.

Palavras-chave: Alterações Climáticas, Gases de Efeito de Estufa, Dióxido de Carbono, Responsabilidade Social Empresarial, Refinaria, Inventário de Emissões.

ABSTRACT

Climate change is one of the greatest challenges of our time to global scale and is a serious danger to a sustainable development, causing a variety of adverse impacts in society and the economy.

The increasing world population and continued economic growth ambition of contemporary societies, associated to power sources based mainly on fossil fuels and consequent emissions of greenhouse gases (GHG), lead the current generation to a future with considerable problems to solve.

This study aims to contribute for the reduction of carbon dioxide emissions (CO₂), the first effective greenhouse gas worldwide, focusing on the role companies can develop in this context. The challenge is to focus in the intervention by private sector (activities and processes) that may enhance the fight against climate change, avoiding actions that make it worst. Apart from legal requirements, there are various actions and voluntary initiatives that can be implemented in a way to contribute positively to reduce the impact of this problem.

The main objective of this work is the quantification and assessment of total CO₂ emissions from the Sines's Refinery. This study results in part of a six months internship in the Department of Environment the previously mentioned refinery. More specifically, the final purpose of this study was pursued through the observation and study of the direct and indirect CO₂ emissions, associated with the refinery activities.

The results obtained allowed to estimate an emission of 2.5 million tons of CO₂ in the year 2007. This is about 21% (nearly 448 000 tCO₂) higher than the numbers reported by the refinery emissions trading mechanism, included in the European emission allowance in the period 2005-2007.

Additionally, a set of improvement actions to reduce CO₂ emissions is proposed for various systems. As an example, employees' mobility changes with the exclusive use of public transportation would result in a reduction of 150 tons of CO₂ in annual emissions, comparing to the actual situation.

Keywords: Climate Change, Greenhouse Gases, Carbon Dioxide, Corporate Social Responsibility, Refinery, Emissions Inventory.

SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES

APA – Agência Portuguesa do Ambiente
BREFs – *Best Available Technologies Reference Documents*
CE – Comunidade Europeia
CELE – Comércio Europeu de Licenças de Emissão
CERs – Certificados de redução de emissões
EEA – *European Environment Agency*
ENAA - Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas
EMEP/CORINAIR - *Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmission of air pollutants in Europe/CORe Inventory AIR emissions*
EM – Estados Membros
FCC – *Fluid Catalytic Cracking*
GEE – Gases com Efeito de Estufa
GICs – Grandes Instalações de Combustão
HCN – Gasolina de *Cracking* Pesada
HT – Unidade de Hidrotratamento
IC -Implementação conjunta
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
IMO – *International Maritime Organization*
LCN – Gasolina de *Cracking* Ligeira
LCO – *Ligth Cycle Oil*
LE – Licenças de Emissão
LPG – *Liquefied Petroleum Gas*
MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MTDs – Melhores Tecnologias Disponíveis
ONG's – Organizações Não Governamentais
PNAC – Plano Nacional para as Alterações Climáticas
PNALE – Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão
PQ – Protocolo de Quioto
RPC – Resíduo Processual Combustível
RPLE – Registo Português de Licenças de Emissão
RSE – Responsabilidade Social Empresarial
TEGEE – Título de Emissões de Gases com Efeito de Estufa
TGL – Terminal de Granéis Líquidos
UE – União Europeia
UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change
UREs – Unidades de Redução de Emissões
VLCC – *Very Large Crude Carriers*

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização do Problema	3
1.2. Objectivo	4
2. REVISÃO LITERATURA.....	5
2.1. Alterações Climáticas	5
2.1.1. Gases com efeito de estufa.....	6
2.1.2. Protocolo de Quioto.....	8
2.1.3. As emissões de GEE na UE-27 e em Portugal.....	11
2.1.4. Impactes das alterações climáticas.....	14
2.1.5. Soluções em curso na mitigação das emissões de GEE.....	16
2.1.6. Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE)	17
2.1.7. Redução voluntária de emissões de GEE.....	21
2.2. Sector da Refinação	22
3. DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO	25
3.1. Localização	25
3.2. Historial do Desenvolvimento Processual	26
3.3. Descrição Processual	27
3.3.1 Fábrica I.....	30
3.3.2 Fábrica II.....	31
3.4. Utilidades	34
3.5. Movimentação e Expedição de Produtos	34
3.6. Incorporação dos Resultados do Estágio na Dissertação.....	36
4. METODOLOGIA.....	37
4.1. Processos da Refinaria.....	37
4.2. Identificação dos Fluxos de Emissões de CO ₂ , por Actividade	38
4.3. Inventariação e Análise dos Quantitativos Emitidos, por Actividade.....	38
4.3.1 Inventário de emissões.....	38
5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	47
5.1. Matéria Prima.....	49
5.2. Processo de Produção.....	49
5.3. Distribuição de Produtos.....	51
5.4. Deslocações dos Colaboradores	52
5.5. Utilidades Exteriores	54
5.6. Erros Associados	55
6. IDENTIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE REDUÇÃO DE EMISSÕES E OPORTUNIDADES DE MELHORIA, POR ACTIVIDADE	57
7. CONCLUSÃO	61

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – EMISSÕES ANUAIS DE CO ₂ PROVENIENTES DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS (ADAPTADO DE: GLOBAL CARBON PROJECT, 2009).....	7
FIGURA 2.2 – EVOLUÇÃO DA MÉDIA MENSAL GLOBAL DE CO ₂ ENTRE 2004 E 2009 (ADAPTADO DE: GLOBAL CARBON PROJECT, 2009).....	8
FIGURA 2.3 – MODELO DPSIR APLICADO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS (ADAPTADO DE: ANTUNES <i>ET AL.</i> , 2008).....	11
FIGURA 2.4 – EMISSÕES DE GEE NA UE-27 E A REPRESENTATIVIDADE DE PORTUGAL, NO PERÍODO ENTRE 1990 E 2008.....	12
FIGURA 2.5 – EMISSÕES DE CO ₂ EM PORTUGAL, NO PERÍODO ENTRE 1990 E 2007	13
FIGURA 2.6 – EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA EM PORTUGAL (FONTE: APA, 2010) ..	14
FIGURA 2.7 – PRINCIPAIS FONTES DE EMISSÃO DE CO ₂ EM PORTUGAL, NO ANO 2007.....	23
FIGURA 3.1 – LOCALIZAÇÃO DA REFINARIA DE SINES.....	25
FIGURA 3.2 – REFINARIA DE SINES	26
FIGURA 3.3 – DIAGRAMA PROCESSUAL DA REFINARIA DE SINES	29
FIGURA 4.2 – PRINCIPAIS FONTES DE EMISSÃO DE CO ₂ NA REFINARIA DE SINES.....	38
FIGURA 5.1 – EMISSÕES DE CO ₂ NA REFINARIA DE SINES (2005-07).....	47
FIGURA 5.2 – DISTRIBUIÇÃO DAS EMISSÕES DE CO ₂ POR SISTEMA	48
FIGURA 5.3 – EMISSÕES DE CO ₂ POR TIPO DE COMBUSTÍVEL.....	49
FIGURA 5.4 – COMBUSTÍVEL CONSUMIDO VS EMISSÕES DE CO ₂ , EM 2007.	50
FIGURA 5.5 – EMISSÕES DE CO ₂ POR PROCESSO DE PRODUÇÃO (EQUIPAMENTO)	51
FIGURA 5.6 – EMISSÕES DE CO ₂ ASSOCIADAS À DISTRIBUIÇÃO DE PRODUTOS, POR TIPO DE TRANSPORTE	52
FIGURA 5.7 – EMISSÕES DE CO ₂ /ANO VS NÚMERO DE COLABORADORES	53
FIGURA 5.8 – EMISSÕES DE CO ₂ POR COLABORADOR	53
FIGURAS 5.9 E 5.10 – EMISSÕES DE CO ₂ POR TIPO DE COMBUSTÍVEL (ESQ.) E POR CATEGORIA DE VEÍCULO (DIR.)	54
FIGURA 5.11 – RELAÇÃO ENTRE A ELECTRICIDADE PRODUZIDA, ADQUIRIDA E VENDIDA	55
FIGURA 6.1 – EMISSÕES TOTAIS DE CO ₂ POR CENÁRIO	58
FIGURAS 6.2 E 6.3 – ALTERAÇÕES INTRODUZIDAS PELOS CENÁRIOS BY CAR (ESQUERDA) E BUS SHARE (DIREITA) EM COMPARAÇÃO À SITUAÇÃO ACTUAL (BAU).....	59

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2.1 - POTENCIAIS DE AQUECIMENTO GLOBAL (HORIZONTE TEMPORAL DE 100 ANOS) FONTE: (IPCC, 2001).....	7
TABELA 2.2 – METAS PARA LIMITAR AS EMISSÕES DOS GEE NA UNIÃO EUROPEIA NO PERÍODO 2008- 2012, FACE A 1990 (ADAPTADO DE: EEA, 2005)	9
TABELA 2.3 – DISTRIBUIÇÃO ANUAL DAS EMISSÕES DE CO ₂ PARA O PNALE I E II (TCO ₂ /ANO) (ADAPTADO DE: RIBEIRO ET AL., 2010)	21

1. INTRODUÇÃO

O mundo enfrenta uma série de problemas associados ao ambiente atmosférico que afectam a saúde e o bem-estar humano, representando grandes desafios à sua resolução no curto e longo prazo. As alterações climáticas são um desafio global e terão consequências inevitáveis no sec. XXI, com uma elevada probabilidade de se agravarem e resultar em impactes, maioritariamente negativos, sobre os diversos sistemas naturais e sociais. Alguns impactos já são evidentes, como por exemplo a confirmação de que a temperatura média do planeta aumentou cerca de 0,74 °C durante o século passado (UNEP, 2007). Contudo estes impactes estão também a evoluir, tanto na sua natureza, âmbito e distribuição regional e irão afectar milhões de pessoas. Os gases com efeito de estufa (GEE) (principalmente o dióxido de carbono (CO₂)) são os principais motores desta mudança.

De acordo com o 4º relatório do Painel Intergovernamental para Alterações Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), em inglês), impactes como o aumento da frequência na ocorrência de eventos meteorológicos extremos e a alteração dos padrões de precipitação têm implicações a nível sócio-económico, afectando de forma directa as actividades, mas também de forma indirecta por via de eventuais encargos e prejuízos associados a situações de calamidade designadamente cheias, secas, propagação de doenças e epidemias, escassez de água potável e alimentos (IPCC, 2007). Estes eventos poderão atingir dimensões catastróficas, particularmente para as populações mais vulneráveis e desfavorecidas do planeta.

Os impactes das alterações climáticas são resultado das fortes pressões levadas a cabo pelo crescimento económico operado pelas sociedades actuais. O aumento da população mundial e o seu crescimento económico assente num excessivo consumo de energia, maioritariamente com base em combustíveis fósseis, implicam uma emissão de gases com efeito de estufa (GEE) extremamente nociva ao sistema climático. A forte dependência de combustíveis fósseis em todas as fases do sistema económico, como a produção de bens (produção de cimento, vidro, etc.) e o seu transporte através de veículos de combustão interna, resultam num aumento das emissões de GEE. A alteração do uso do solo e a desflorestação são também fortes factores para o aumento das emissões de GEE.

Perante as evidências é necessário reformular e por em prática respostas adequadas. Há essencialmente dois tipos de respostas: a mitigação e a adaptação. A primeira consiste em estabilizar a concentração atmosférica dos GEE por via do controlo das emissões actuais e futuras. A adaptação tem por objectivo minimizar os efeitos negativos dos impactes das

alterações climáticas nos diversos sistemas naturais e sociais (Santos, F.D & Miranda, P., 2006).

É urgente integrar as preocupações climáticas no planeamento do desenvolvimento, especialmente em sectores como a energia, transportes ou florestas, tanto a nível da definição de políticas como a sua execução. As políticas climáticas facilitam a adaptação às alterações climáticas em sectores vulneráveis e são fundamentais para minimizar os impactos negativos, contudo são também essenciais transformações nas estruturas sociais e económicas, apoiadas no envolvimento e participação dos *stakeholders* em direcção a uma sociedade “*low carbon*” (UNEP, 2007).

Em Dezembro de 1997, foi tomada pela comunidade internacional uma medida fundamental para o combate global às alterações climáticas pelo seu significado político, a assinatura do Protocolo de Quioto, que prevê uma redução no período de 2008 a 2012 das emissões dos países industrializados na ordem dos 5,2% face a 1990. O Protocolo de Quioto dá ênfase à possibilidade de recurso a mecanismos de mercado para o cumprimento dos objectivos de redução e limitação das emissões da forma mais eficiente, ao mesmo tempo que abre a porta à participação de empresas nesses mecanismos.

A União Europeia e os seus Estados-Membros assumiram os seus compromissos de redução das emissões de GEE abrangidos pelo Protocolo de Quioto, e de forma de garantir o cumprimento dos seus objectivos, aprovaram e criaram o mecanismo de Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE). Este constitui o primeiro instrumento de mercado intracomunitário de regulação das emissões de GEE.

Os mecanismos existentes podem ser adequados, mas em muitas partes do mundo este combate exige o reforço dos recursos institucionais, humanos e financeiros para a sua implementação. Embora as pesquisas e esforços adicionais de avaliação devam continuar, a liderança e dinâmica de colaboração internacional, incluindo a transferência tecnológica e mecanismos financeiros eficazes, são necessários para acelerar a implementação de políticas a uma escala global.

1.1. Contextualização do Problema

Os problemas ambientais são tipicamente complexos, com grande incerteza, diferentes escalas e afectam múltiplos actores e entidades. Isto exige tomadas de decisão transparentes, que sejam flexíveis à evolução das circunstâncias, e abranjam uma diversidade de conhecimentos e valores (Reed, 2008). A interligação dos sistemas ambiental e social com o sistema económico é assim essencial para assegurar um desenvolvimento sustentável, cujos objectivos passam por definir uma escala sustentável das actividades humanas na biosfera, garantir a distribuição justa dos recursos e direitos de propriedade (Equidade) e a afectação eficiente dos recursos, transaccionáveis ou não, no mercado (Eficiência) (Antunes, 2007).

A tomada de consciência da importância das alterações climáticas para a sociedade tem ocorrido em consequência da degradação do meio ambiente. Esta problemática está presente em toda a parte e é da responsabilidade de todos. O sector empresarial tem um papel importante e pode ter uma contribuição positiva no combate às alterações climáticas.

Nos últimos anos, o modelo social orientador do desenvolvimento sustentável das sociedades e os seus derivados empresariais, define-se como Responsabilidade Social das Empresas (RSE), “conferindo às empresas uma participação mais activa na sociedade, o bom governo e a boa gestão da empresa passam, em definitivo, por integrar três tipos de preocupações: as financeiras, as sociais e as ambientais. A RSE está, por esta via, a abrir caminho a uma verdadeira responsabilização social de todas as organizações” (Mendes, 2008).

Por outro lado crescem as preocupações por parte de Organizações Não Governamentais (ONG's), investidores e outras partes interessadas em relação ao papel das empresas face às alterações climáticas, nomeadamente no âmbito da sua acção e divulgação de informação sobre GEE. Estes *stakeholders* estão também cada vez mais interessados em saber como as empresas se posicionam face aos seus concorrentes perante os regulamentos actuais e que venham a surgir.

Como resposta, um número crescente de empresas está a preparar relatórios para grupos de interesse contendo informações sobre as suas emissões de GEE. Alguns países e Estados têm estabelecido registos de GEE onde as empresas podem colocar as suas emissões em bases de dados públicas. Existem ainda diversos programas que providenciam ajuda às empresas para estabelecerem objectivos voluntários de redução de GEE. Estes programas voluntários requerem ou permitem obter relatórios sobre não só as emissões directas dos processos das

empresas, mas também emissões indirectas, como por exemplo as emissões decorrentes da electricidade adquirida.

O resultado destes programas é conseguir que as empresas compreendam e possam gerir convenientemente os seus riscos de GEE, se quiserem garantir o seu sucesso, a longo prazo, num ambiente de negócio competitivo, preparando-se assim para futuras políticas climáticas.

Tanto as empresas como outros grupos de interesse, beneficiam se se guiarem por normas comuns. A utilização de inventários de GEE, bem estruturados e geridos, pode servir vários objectivos, para as empresas reduzirá os custos, se os seus inventários forem capazes de ir ao encontro das diferentes exigências de informação internas e externas. Para os outros, melhora a conformidade, a transparência e a compreensão da informação relatada, facilitando a sua monitorização e avaliação ao longo do tempo.

No âmbito desta temática foi realizado um estágio de 6 meses na Refinaria de Sines, no ano de 2009, empresa que servirá como caso de estudo desta dissertação.

1.2. Objectivo

O objectivo do presente trabalho foi quantificar e avaliar as emissões de CO₂, para o ano de 2007 na Refinaria de Sines. Para esse efeito foram consideradas as emissões directas, objecto de obrigatoriedade legal, mas também as emissões indirectas.

Para alcançar este objectivo foram efectuados os seguintes processos:

1. Inventariação das emissões de CO₂ das actividades associadas à Refinaria;
2. Proposta de oportunidades de melhoria com base na elaboração de cenários.

Pretende-se um melhor conhecimento da realidade associada à indústria de refinação, com particular ênfase no transporte do crude, na sua transformação e distribuição dos produtos refinados bem como outras emissões associadas à deslocação dos trabalhadores da sua habitação até ao local de trabalho.

A redução voluntária das emissões por parte da Refinaria poderá ser um objectivo a prosseguir no quadro da responsabilidade social e ambiental, conferindo à empresa uma participação mais activa na sociedade.

2. REVISÃO LITERATURA

2.1. Alterações Climáticas

As alterações climáticas têm vindo a ser identificadas como uma das maiores ameaças ambientais, sociais e económicas que o planeta e a humanidade enfrentam na actualidade.

As alterações climáticas, de acordo com o IPCC, referem-se “a uma mudança no estado do clima que pode ser identificada (por exemplo, usando testes estatísticos) por alterações na média e/ou a variabilidade das suas propriedades, e que persiste por um longo período, tipicamente décadas ou mais (...) devido à variabilidade natural ou como resultado da actividade humana” (IPCC, 2007a).

A problemática das alterações climáticas é enquadrada formalmente ao nível mundial com a criação, em 1988, do IPCC e mais tarde, em 1992, através da assinatura da Convenção das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (sigla UNFCCC, em inglês), na Cimeira da Terra no Rio de Janeiro. Mais recentemente, em 1997, foi assinado o Protocolo de Quioto que estabelece uma repartição de responsabilidades pelos países desenvolvidos na redução de emissões de GEE.

As evidências de que a actividade humana está intimamente ligada às alterações climáticas não deixam margem para grandes dúvidas. Dessas actividades humanas, a “produção (extração, processamento, transporte e distribuição) e uso de combustíveis fósseis são responsáveis por 75% das emissões de CO₂” (IPCC, 2007a).

As emissões de GEE, de origem antropogénica, têm merecido uma atenção especial pela comunidade internacional devido às consequências para o aquecimento global do planeta.

Destas consequências destacam-se essencialmente três: alteração dos padrões regionais de precipitação; alteração das zonas agrícolas; degelo dos glaciares e expansão térmica da água do mar (IPCC, 2007a).

A resposta política a este problema requer uma acção concertada e assertiva, traduzida na tomada de medidas que minimizem as causas antropogénicas e que preparem a sociedade para lidar com os seus impactes biofísicos e socio-económicos.

No âmbito dos compromissos internacionais, nomeadamente do Protocolo de Quioto, Portugal assumiu o objectivo de limitar o aumento das suas emissões de GEE em 27%, no período de

2008-2012, relativamente aos valores de 1990. Para cumprir este objectivo, constituem instrumentos fundamentais:

- O Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 104/2006, de 23 de Agosto e alterado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 1/2008, de 4 de Janeiro, que define um conjunto de políticas e medidas internas que visam a redução de emissões de GEE por parte dos diversos sectores de actividade;
- O Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE), que é aplicável a um conjunto de instalações fortemente emissoras de GEE, e como tal incluídas no CELE;
- O Fundo Português de Carbono, criado pelo Decreto-Lei n.º 71/2006, de 24 de Março, que visa o desenvolvimento de actividades para a obtenção de créditos de emissão de GEE, designadamente através do investimento em mecanismos de flexibilidade do Protocolo de Quioto.

Acompanhando o que se vai fazendo noutros países, nomeadamente na UE, Portugal adoptou em Abril de 2010 a ENAAC - Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas. Com esta Estratégia pretende-se dotar o País de um instrumento que promova a identificação de um conjunto de linhas de acção e de medidas de adaptação a aplicar, designadamente através de instrumentos de carácter sectorial, tendo em conta que a adaptação às alterações climáticas é um desafio eminentemente transversal, que requer o envolvimento de um vasto conjunto de sectores e uma abordagem integrada (APA, 2010).

2.1.1. Gases com efeito de estufa

Apesar de o efeito de estufa ser um fenómeno natural, no último século as emissões antropogénicas de GEE têm aumentado potenciando o aquecimento global da atmosfera. Os principais gases responsáveis pelo efeito de estufa consignados no Protocolo de Quioto são: o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) e os compostos halogenados como os hidrofluorcarbonetos (HFC), os perfluorcarbonetos (PFC) e hexafluoreto de enxofre (SF_6) (UNFCCC, 1997).

O CO_2 foi escolhido como gás de referência para avaliação do denominado potencial de aquecimento global (PAG), e deste modo, os valores representam-se em termos de CO_2 equivalente (CO_2eq). Foi acordado pelas Partes da UNFCCC que seriam utilizados PAG

baseados numa escala temporal de 100 anos (IPCC, 2001) os quais são apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Potenciais de Aquecimento Global (horizonte temporal de 100 anos) Fonte: (IPCC, 2001)

GEE	PAG
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310
HFC	[140 – 11 700]
PFC	[6 500 – 9 200]
SF ₆	23 900

Como se pode observar pela Figura 2.1 as emissões de CO₂ provenientes de processos indústrias e de combustão de combustíveis fósseis tem aumentado à escala global. As emissões de CO₂ passaram de 6,2 GtC por ano em 1990 para 8,7 GtC em 2008, representando um aumento de 41% desde o ano referência do Protocolo de Quioto (1990).

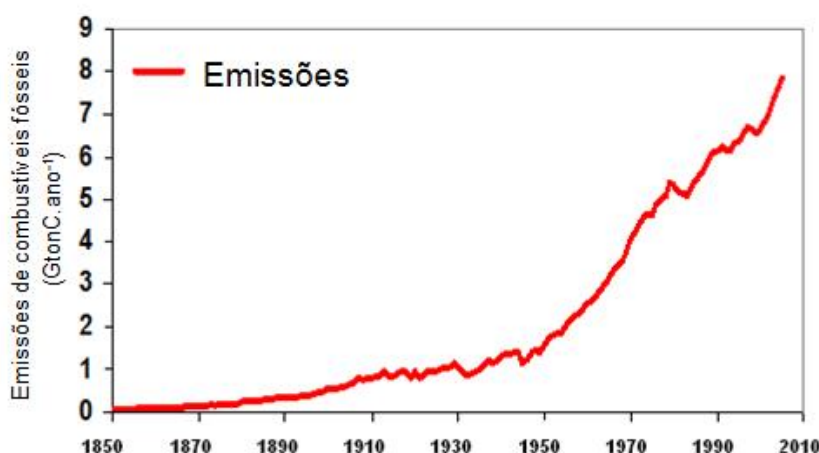


Figura 2.1 - Emissões anuais de CO₂ provenientes do consumo de combustíveis fósseis (adaptado de: Global Carbon Project, 2009).

Na Figura 2.2 observa-se a evolução da concentração de CO₂ na atmosfera em termos de médias mensais, bem como os valores médios anuais. A taxa de crescimento da média anual de CO₂ presente na atmosfera foi de 1,62 ppm registada em 2009, inferior aos 1,8 ppm em 2008 e também à média verificada em 2000-2009 de 1,9 ppm.

A taxa média do crescimento anual nos últimos 30 anos foi de cerca de 1,67 ppm por ano. Este aumento é em grande medida previsível uma vez que ocorreu uma grande utilização de combustíveis fósseis durante o mesmo período devido aos aumentos de população e do crescimento rápido das economias de diversos países. Este acréscimo conduziu a uma

concentração de CO₂ na atmosfera em 2009 de 387,2 ppm, 38% acima da concentração verificada no início da revolução industrial (cerca de 280 ppm em 1750) (Global Carbon Project, 2009).

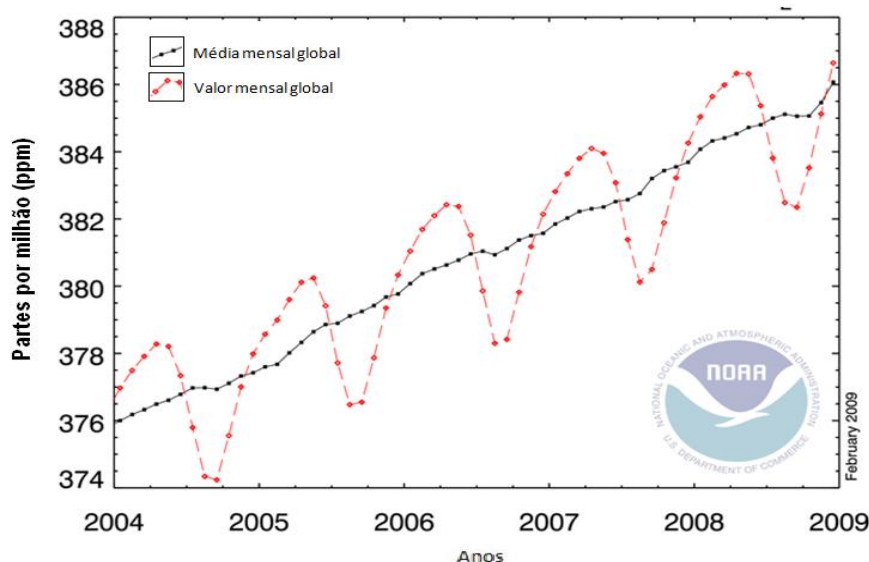


Figura 2.2 – Evolução da média mensal global de CO₂ entre 2004 e 2009
(adaptado de: Global Carbon Project, 2009)

2.1.2. Protocolo de Quioto

A UNFCCC constitui o primeiro acordo global com o objectivo de evitar interferências humanas no sistema climático (UNFCCC, 1997). Em 1997, foi assinado o Protocolo de Quioto, sendo este o primeiro acordo vinculativo entre países com o objectivo de reduzir as emissões de GEE e, desenvolver políticas e medidas de mitigação das emissões de GEE (Luis Abadie & José Chamorro, 2008). O Protocolo de Quioto foi ratificado pela Comunidade Europeia e pelos seus Estados Membros em 31 de Maio de 2002. No momento da ratificação a UE-15 era composta pelos seguintes 15 Estados: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Países Baixos, Portugal, Reino Unido e Suécia (CE, 2005).

O Protocolo de Quioto entrou em vigor em Fevereiro de 2005 e estabelece um acordo legislativo e vinculativo no qual, os Estados signatários do Anexo I (países considerados desenvolvidos) da Convenção-Quadro, comprometem-se a reduzir as suas emissões em pelo menos, 5,2% em relação aos níveis de 1990, durante o período de 2008 a 2012. O Anexo B do Protocolo de Quioto apresenta os compromissos quantificados assumidos pelos Estados

signatários. Sendo essa percentagem variável consoante o Estado signatário, distribuindo-se de acordo com o princípio da responsabilidade comum e diferenciada.

A atribuição de metas de redução das emissões de GEE realizou-se em duas fases distintas. A primeira fase reuniu a informação contida nos inventários das emissões antropogénicas por fontes e remoções por sumidouros de GEE não controlados pelo Protocolo de Montreal relativamente ao período de 1990 a 2004. A segunda fase partiu da identificação do ano de referência, as emissões do ano de referência são a soma das respectivas emissões desse ano dos 15 Estados Membros.

A quantidade atribuída à Comunidade Europeia nos termos dos n.ºs 7 e 8 do artigo 3.º do PQ é igual à percentagem, inscrita para a comunidade no anexo B do Protocolo de Quioto (92%), das emissões do seu ano de referência multiplicada por cinco. As emissões comunitárias do ano de referência são de 4 276 359 577 toneladas de CO₂eq. e são iguais à soma das emissões de GEE no ano de referência relativamente à UE-15. A quantidade atribuída a cada Estado Membro da Comunidade Europeia resulta deste cálculo e estão determinadas na Decisão 2006/944/CE de 14 de Dezembro. A quantidade atribuída à Comunidade é de 19 682 555 325 toneladas de CO₂eq. As quantidades atribuídas a cada Estado Membro são estabelecidas na Tabela 2.2 (CE, 2006).

Tabela 2.2 – Metas para limitar as emissões dos GEE na União Europeia no período 2008-2012, face a 1990 (Adaptado de: EEA, 2005)

Partes	Metas para limitar as emissões de GEE na EU em 2008-2012
União Europeia	- 8%
Luxemburgo	- 28%
Dinamarca	- 21%
Alemanha	- 21%
Austria	- 13%
Reino Unido	- 12,5%
Bélgica	- 7,5%
Itália	- 6,5%
Holanda	- 6%
França	0%
Finlândia	0%
Suécia	+ 4%
Irlanda	+13%
Espanha	+ 15%
Grécia	+ 25%
Portugal	+ 27%

No âmbito do Protocolo de Quioto, a UE-15 comprometeu-se a reduzir as emissões de GEE em 8% (definido, ao abrigo do compromisso comunitário de partilha de responsabilidades comum e diferenciada), no período 2008-2012, em relação aos níveis de 1990 (CE, 2008).

Foram criados mecanismos de mercado na prossecução dos objectivos de redução de GEE. Designando-se por mecanismos de flexibilidade, estes instrumentos de mercado consistem em três variações de comércio de emissões, a saber:

- Comércio de Emissões

O Comércio de emissões consiste na transacção de direitos de emissão entre países do Anexo I (APA, 2004).

- Implementação Conjunta

A implementação conjunta (IC) consiste na transacção de créditos de redução obtidos por projectos em países com objectivos quantificados de limitação ou redução de emissão (listados no anexo B) (APA, 2004), ou seja, consiste na possibilidade que um país ou uma empresa de um país tem em cumprir *Parte* dos seus compromissos, financiando projectos de eficiência energética e/ou de retenção de GEE em florestas noutro país. Cada projecto de IC gera “unidades de redução de emissões” (UREs) que poderão ser posteriormente usadas pelo país investidor. Assim, as UREs adquiridas pelo país investidor são adicionadas à sua quota de emissões e deduzidas à quota de emissões do país beneficiado pelo projecto. (Santos, F.D., 2000).

- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) apresenta-se muito semelhante à IC, com uma diferença porém, a de os projectos ocorrerem entre países com objectivos de redução (Anexo 1) e os países em desenvolvimento (não-Anexo 1).

As unidades transaccionáveis pelo MDL são os *certificados de reduções de emissões (CREs)* resultantes de projectos também certificados. Esta certificação tem um cariz multilateral e independente. Os CERs são então adicionados às quotas de emissão dos EM pertencentes ao Anexo 1. Por cada transacção efectuada no âmbito do MDL é cobrada uma taxa, que será aplicada no financiamento dos custos de adaptação dos impactes das alterações climáticas em países em desenvolvimento, “particularmente vulneráveis” à mudança climática. (Santos, F.D., 2000).

2.1.3. As emissões de GEE na UE-27 e em Portugal

Por forma a descrever a cadeia de interações entre os sistemas socio-económico e ambiental foi adoptado, pela Agência Europeia do Ambiente, o modelo DPSIR - *drivers* (forças motrizes), pressões, estado, impactes e respostas. No âmbito desta dissertação é uma mais valia para uma melhor compreensão e caracterização dos sistemas envolvidos no paradigma alterações climáticas (Figura 2.3).

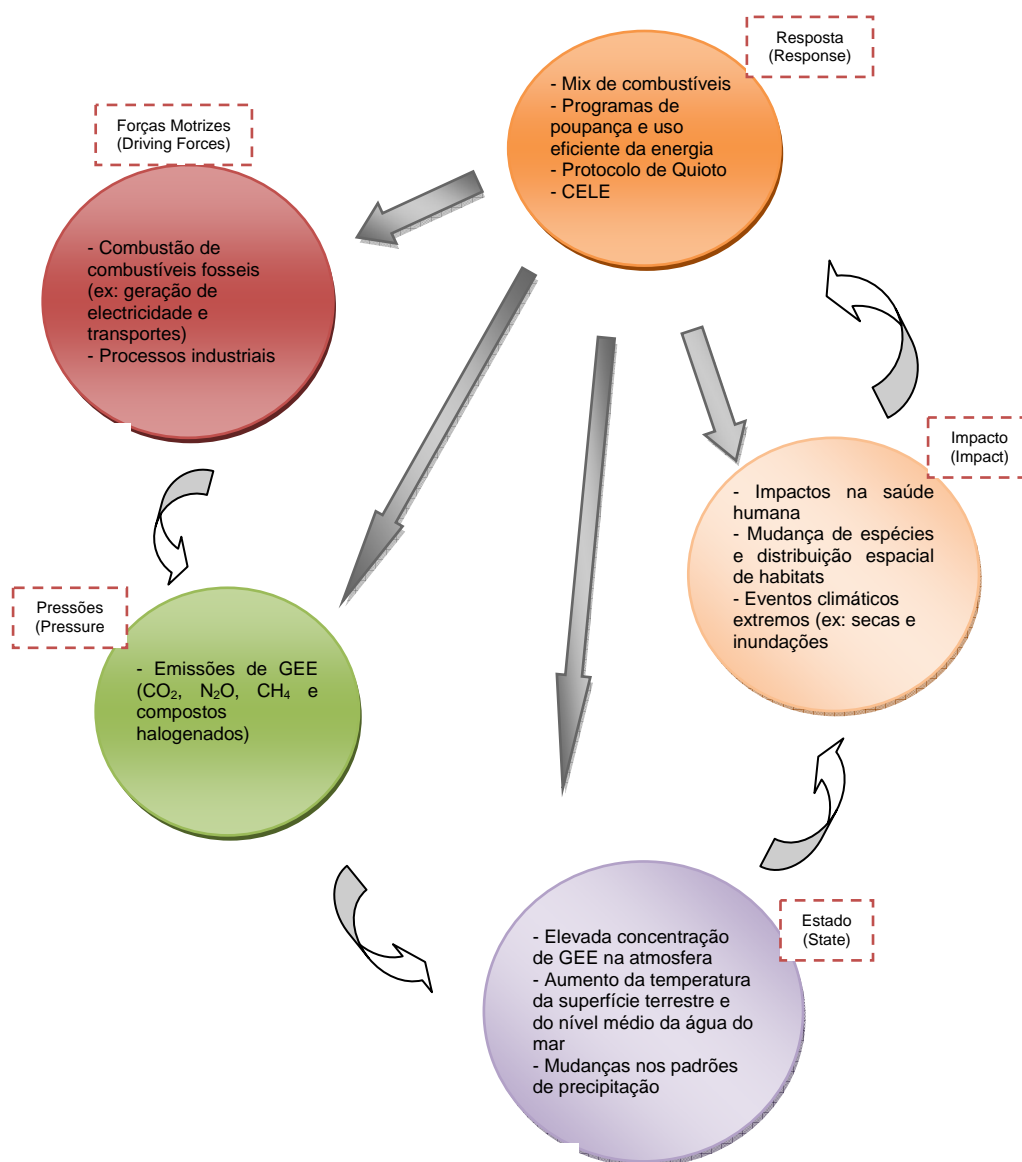


Figura 2.3 – Modelo DPSIR aplicado às Alterações Climáticas (adaptado de: Antunes *et al.*, 2008)

As alterações climáticas têm como principal causa a queima de combustíveis fósseis dando origem a emissões de GEE, proveniente da utilização dessa forma de energia. A evolução das emissões de GEE na UE-27 e a representatividade que Portugal tem nessas mesmas emissões, no período entre 1990 e 2008, pode ser verificada pela Figura 2.4.

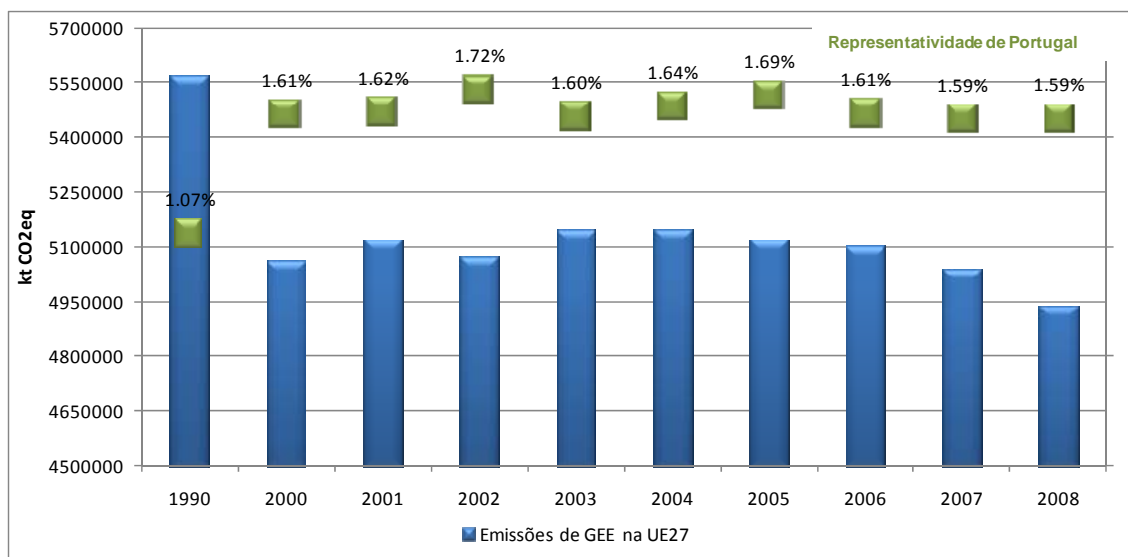


Figura 2.4 – Emissões de GEE na UE-27 e a representatividade de Portugal, no período entre 1990 e 2008

As emissões de GEE na UE-27 têm vindo a diminuir, enquanto a economia tem crescido significativamente, com um aumento constante (cerca de 2,3% no período de 1995-2007), impulsionado principalmente pelo forte crescimento do sector dos serviços.

As emissões totais de GEE na UE-27 diminuirão 11,3% entre 1990 e 2008 e, a Agência Europeia de Ambiente estima que diminuam 17% em 2009 face a 1990. (EEA, 2010).

Em 2009, as emissões totais de gases com efeito de estufa diminuirão 6,9% na UE-27 em relação a 2008 (CE, 2009).

Apesar da representatividade das emissões de Portugal ser muito reduzida, face às emissões verificadas na UE-27, e poder emitir +27%, estão a ser implementados esforços com o intuito de diminuir as emissões de GEE e assim acompanhar a tendência da diminuição das emissões de GEE na UE.

Devido ao facto de nesta dissertação serem avaliadas somente as emissões de CO₂ na Refinaria de Sines, a Figura 2.5 ilustra a evolução das emissões de CO₂ em Portugal, no período entre 1990 e 2007.

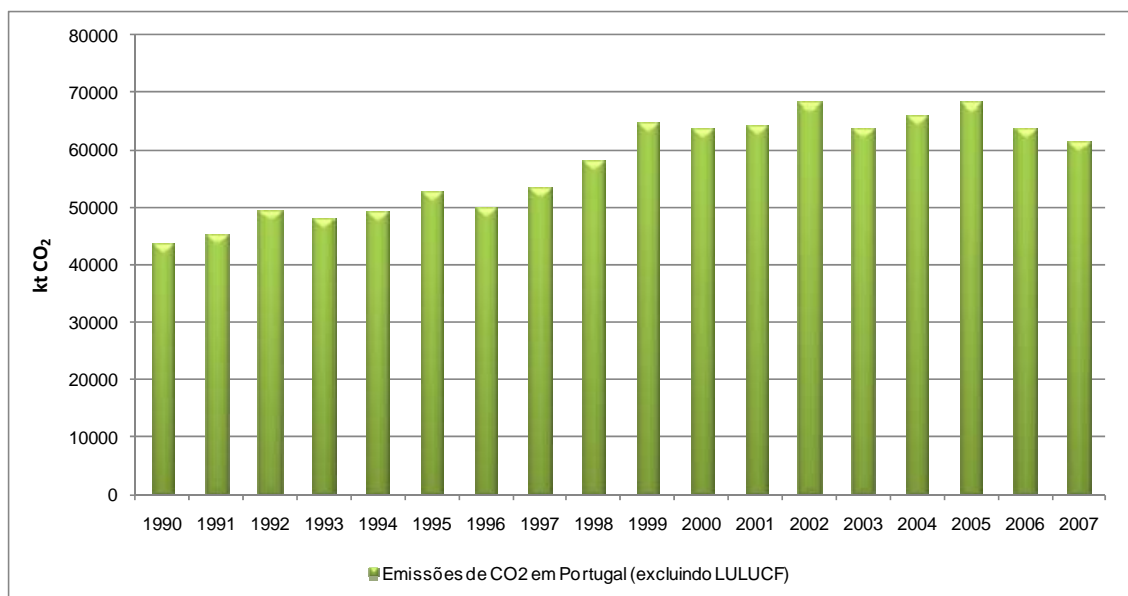


Figura 2.5 – Emissões de CO₂ em Portugal, no período entre 1990 e 2007

Analisando as Figuras 2.4 e 2.5, retira-se que as emissões de CO₂ em Portugal têm acompanhado a evolução das emissões de GEE da UE-27, somente nos últimos anos (2005-2007).

Observa-se um aumento acentuado nos níveis de emissão de CO₂ em Portugal, no período de 1990 a 2000. Estes níveis de emissão são dominados, essencialmente pelos sectores da energia e transportes que estabilizaram as emissões nos últimos anos, tendo mesmo contribuído para a diminuição destas no período 2005-2007.

No entanto, a taxa de crescimento média anual de emissões de CO₂, para o período temporal referenciado (1990-2007), é de cerca de 2% (APA, 2010a).

As flutuações nas emissões de CO₂ resultam da influência directa de um conjunto de factores como é o caso do índice de hidraulicidade registado em cada ano porque a produção hidroelétrica é largamente afectada pelos níveis anuais de precipitação.

De salientar a importância do decréscimo de emissões de CO₂ devido à implementação de algumas medidas importantes que originaram um efeito positivo nos níveis de emissão, como a introdução do gás natural (1997) e a entrada em funcionamento de centrais termoelétricas de ciclo combinado utilizando este combustível (1999) (Figura 2.6).

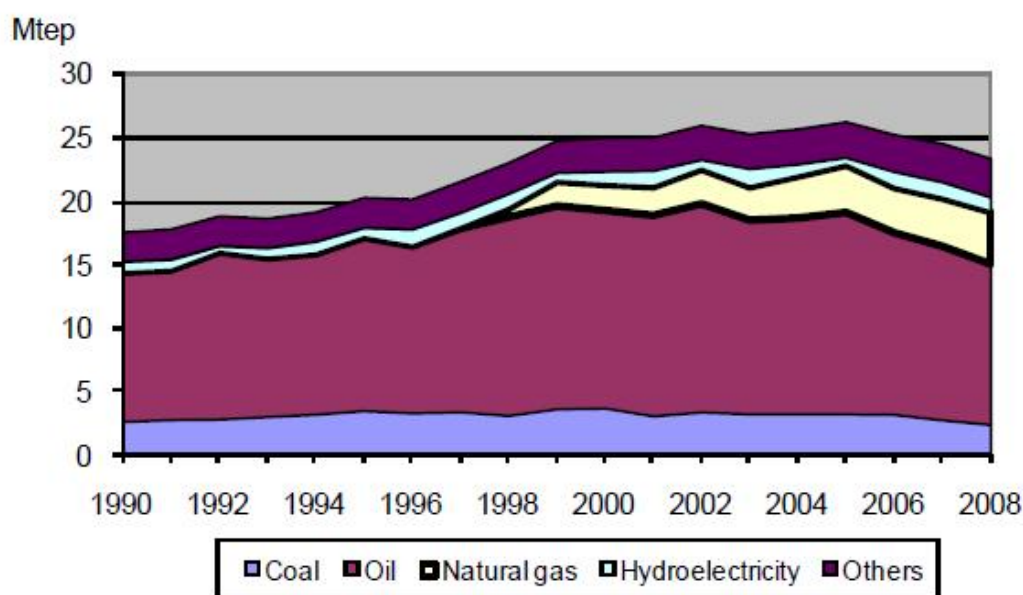


Figura 2.6 – Evolução do consumo de energia primária em Portugal (Fonte: APA, 2010)

A partir de 2005, tanto as emissões de GEE na UE-27 como as emissões de CO₂ em Portugal, têm vindo a decrescer, muito pelo aumento da introdução de fontes de energia renováveis para produção de electricidade, a instalação progressiva de unidades de co-geração, a melhoria da eficiência energética e tecnológica de processos industriais e a melhoria da qualidade dos combustíveis (APA, 2010a). De salientar que, neste mesmo ano entrou em vigor o Protocolo de Quioto e o instrumento de ajuda ao cumprimento deste, CELE.

2.1.4. Impactes das alterações climáticas

A vulnerabilidade (PQ) das alterações climáticas varia significativamente entre as regiões e sectores da Europa, tornando a adaptação num contexto de desafios locais. Estas regiões incluem a bacia do Mediterrâneo, a Europa norte-occidental e centro-oriental e no Ártico, juntamente com muitas zonas costeiras. A maioria dos impactos previstos e as vulnerabilidades são, ou deverão ser, negativos e muitas vezes estas precisam ser abordadas de forma proactiva pelas políticas públicas. Os impactos e vulnerabilidades foram identificados para várias regiões e numa série de sectores (EEA, 2010).

A nível da agricultura, são afectados, o rendimento das culturas, a gestão de explorações pecuárias, a localização da produção e os solos, de forma a ampliar o risco de quebra da produção agrícola. As florestas podem incluir alterações a nível da sanidade e da produtividade destas assim como a área de distribuição geográfica de determinadas espécies de árvores. Nos sectores das pescas e da aquicultura, os efeitos das alterações climáticas nas zonas costeiras e nos ecossistemas marinhos serão igualmente graves.

No sector da energia, as alterações climáticas terão um efeito directo na oferta e na procura de energia. O impacto previsto das alterações climáticas na precipitação e na fusão dos glaciares indica que a produção de energia hidroeléctrica poderia aumentar 5 % ou mais na Europa setentrional e diminuir 25 % ou mais na Europa meridional. O aumento da procura de sistemas de refrigeração no Verão e os impactos dos fenómenos meteorológicos extremos afectarão, nomeadamente, a distribuição de electricidade. Os fenómenos climáticos extremos exercem impactos económicos e sociais gigantescos.

As cidades e as áreas urbanas continuam a ser vulneráveis a ondas de calor, inundações e secas, originando repercussões nas infra-estruturas, saúde pública e economia.

A alteração das condições meteorológicas terá igualmente efeitos profundos na saúde humana e na saúde animal e vegetal. As mortes e as doenças relacionadas com o clima poderão aumentar com a recrudescência dos fenómenos extremos, assim como a propagação de doenças infecciosas graves. Haverá ainda o risco de extinção de muitas espécies animais devido às barreiras que as proíbem de se movimentar com o intuito de procurar o habitat mais adequado.

As alterações climáticas modificarão de forma significativa a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos, afectando inúmeros sectores, incluindo a produção alimentar, em que a água desempenha um papel crucial. Mais de 80 % dos terrenos agrícolas são irrigados pela chuva. A produção alimentar também depende dos recursos hídricos disponíveis para a irrigação. A disponibilidade limitada de água já constitui um problema em diversas partes da Europa e é provável que a situação se deteriore devido às alterações climáticas, prevendo-se que o stress hídrico passe dos actuais 19 % para 35 %, na década de 70, nas zonas da Europa em que este é mais acentuado. Este aspecto poderá aumentar igualmente as pressões migratórias.

As alterações climáticas vão induzir perdas crescentes em termos de ecossistemas, incluindo ecossistemas marinhos, e de biodiversidade, afectando espécies e exercendo impactos significativos em ecossistemas e nos serviços que estes prestam, dos quais depende a sociedade. Os ecossistemas desempenham um papel directo na regulação do clima e as turfeiras, as zonas húmidas e o alto mar permitem um armazenamento significativo de carbono. Por outro lado, os ecossistemas de pântanos salgados e as dunas oferecem protecção contra as tempestades. Outros serviços dos ecossistemas serão igualmente afectados, nomeadamente a oferta de água para consumo humano, a produção alimentar e os materiais de construção, e os oceanos poderão deteriorar-se devido à acidificação. Certas práticas de utilização dos solos e decisões de ordenamento (por exemplo, construção em planícies aluviais), bem como a utilização não sustentável dos mares (por exemplo, sobrepesca),

tornaram os ecossistemas e os sistemas socioeconómicos mais vulneráveis às alterações climáticas e, por conseguinte, menos capazes de se adaptarem.

O desafio para os decisores políticos consiste em compreender os impactos destas alterações climáticas e desenvolver e aplicar políticas tendentes a garantir um nível máximo de adaptação. As estratégias que incidem na gestão e conservação de recursos hídricos, fundiários e biológicos para a manutenção e restabelecimento de ecossistemas saudáveis, funcionais e resistentes às alterações climáticas constituem uma forma de fazer face ao impacto, podendo contribuir igualmente para a prevenção de catástrofes (CE, 2009a).

2.1.5. Soluções em curso na mitigação das emissões de GEE

Os instrumentos de política de ambiente utilizados com o objectivo de mitigação dos GEE têm sido tipicamente instrumentos maioritariamente económicos como taxas ou licenças de emissão, sobre o CO₂ e instrumentos de comando e controlo, como regulamentos e normas sobre actividades geradoras de emissões.

As alterações climáticas resultantes das emissões de GEE, como todos os problemas ambientais com que o ser humano se depara actualmente, são externalidades negativas resultantes do paradigma de desenvolvimento insustentável existente nas sociedades actuais.

A principal resposta política de forma a internalizar os custos ambientais e minimizar os impactes dos GEE tem sido impor um preço nas emissões de dióxido de carbono (WTO, 2009). Os principais mecanismos de internalização desses custos são a aplicação de taxas nas emissões de CO₂ e esquemas de transacção de licenças de emissões.

Mais recentemente, e com o objectivo de elaborar um quadro de políticas pós-Quito a Comissão Europeia (CE) apresentou na proposta conhecida como *Pacote Energia-Clima*, em Janeiro de 2008, que inclui elementos significativos para a política pública e as economias dos Estados-Membros, salientando-se as seguintes metas, a atingir em 2020 (CE, 2008).

- a) Alteração do actual regime de CELE, nomeadamente no que se refere à definição, à escala europeia de tectos de emissão para os diversos sectores de actividade, integração de outros GEE para além do CO₂, e uma redução anual linear de emissões, a fim de atingir uma redução global de 21%, relativamente às emissões verificadas de 2005;
- b) Uma meta de redução de emissões de gases com efeito de estufa (GEE) para os sectores não cobertos pelo regime de comércio de emissões (construção, transporte, resíduos), para

que todos contribuam, concretizando para Portugal um limite de +1% para o crescimento de emissões de GEE, sobre as registadas em 2005;

- c) Objectivos juridicamente vinculativos para aumentar a parte das energias renováveis na combinação energética, reflectindo as necessidades e o potencial de cada país, concretizando para Portugal a meta de 31% da componente de origem renovável no balanço nacional de consumo final de energia, incluindo 10% de biocombustíveis nos transportes;
- d) Novas regras em matéria de sequestro e armazenamento de carbono e de subsídios ambientais.

2.1.6. Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE)

A Comunidade Europeia (CE) e os seus Estados-Membros decidiram cumprir os seus compromissos de redução das emissões antropogénicas de gases com efeito de estufa abrangidos pelo Protocolo de Quioto e como forma de garantir o cumprimento eficaz dos seus objectivos, aprovaram a Directiva 2003/87/CE, de 13 de Outubro, que cria o mecanismo de Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE), alterada pela Directiva n.º 2004/101/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Outubro, no que diz respeito aos mecanismos baseados em projectos do Protocolo de Quioto, entretanto transposta para a ordem jurídica interna pelo Decreto-Lei n.º 233/2004, de 14 de Dezembro, com a última redacção que lhe foi dada pelo Decreto-Lei n.º 72/2006, 24 de Março, habitualmente designado por Diploma CELE. Este constitui o primeiro instrumento de mercado intracomunitário de regulação das emissões de GEE.

Desde 1 de Janeiro de 2005, as instalações que desenvolvem uma das actividades enunciadas no anexo I da directiva (actividades no sector da energia, da produção e transformação de metais ferrosos, da indústria mineral e do fabrico de pasta de papel e de cartão) e emitem os gases com efeito de estufa especificados em relação a essa actividade devem possuir uma licença emitida para o efeito pelas autoridades competentes.

Nesse contexto os Estados-Membros estabeleceram um Acordo de Partilha de Responsabilidades para a redução colectiva de 8% dos GEE no período 2008-2012, relativamente às emissões verificadas em 1990. Segundo esse Acordo, Portugal passou a ter como meta não ultrapassar em mais de 27%, no primeiro período de cumprimento do PQ (2008-2012) as emissões de GEE registadas em 1990.

O Protocolo de Quioto entrou em vigor a Fevereiro de 2005, sendo este um instrumento de acção que se pretendia de escala global e de momento com particular incidência na redução das emissões dos países desenvolvidos..

São abrangidos pelo CELE as actividades enumeradas no anexo I do Diploma CELE. Para efeitos de abrangência deve também ser tida em consideração a Comunicação da Comissão das Comunidades Europeias, COM (2005)703 final, de 22 de Dezembro, que veio clarificar a definição de instalação de combustão.

O artigo 14.º da Directiva 2003/87/CE estabelece a obrigatoriedade de as emissões serem monitorizadas de acordo com as regras a definir pela Comissão. Neste seguimento, foi publicada a Decisão da Comissão n.º 2004/156/CE, de 29 de Janeiro, aplicável durante o 1.º período CELE (2005-2007) e, posteriormente, alterada pela Decisão da Comissão n.º 2007/589/CE, de 18 de Julho (Nova Decisão de Monitorização), em vigor desde 1 de Janeiro de 2008.

O regime CELE prevê a atribuição de Licenças de Emissão (LEs) gratuitas aos operadores das instalações que desenvolvam uma ou mais actividades presentes no Anexo I do Diploma CELE. Assim para cada um dos períodos do Regime CELE foi criado o PNALE, que após consulta pública foi submetido à Comissão para aprovação. O PNALE I é referente ao período 2005-2007 e o PNALE II para o período 2008-2012.

Cada PNALE fixa o número de LEs gratuitas a atribuir às instalações abrangidas pelo CELE, assim como as licenças a atribuir às novas instalações. A distribuição de licenças às novas instalações depende das regras estabelecidas na Portaria n.º 437-A/2009, de 24 de Abril e revoga a Portaria n.º387/2006, de 21 de Abril.

Para que todas as transacções no regime CELE sejam devidamente controladas, foi criado para Portugal o Registo Português de Licenças de Emissão (RPLE). Este registo assegura que sejam cumpridos todos os requisitos legais ao abrigo da Directiva 2003/87/CE e do regulamento (CE) n.º2216/2004 da Comissão, de 21 de Dezembro (APA, 2010b).

Objectivo e Características do Regime CELE nos períodos 2005-2007 e 2008-2012:

O CELE constitui o primeiro instrumento de mercado intracomunitário de regulação directa das emissões de GEE, cujo regime foi criado pela Directiva n.º 2003/87/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, com o objectivo de promover a redução das emissões de GEE, em condições de uma boa relação custo-eficácia e que sejam economicamente eficientes.

O sistema instituído pelo regime CELE assenta em três pilares e divide-se em três períodos de implementação, sendo o último período de funcionamento o pós-2012 que, não irá ser abordado na presente dissertação.

1. Mecanismos de *cap and trade*;
2. Inclusão de diversos sectores no regime comunitário de emissões;
3. Compatível com os objectivos da UNFCCC e do PQ;

A primeira fase de implementação do CELE (2005-2007) correspondeu a um período de aprendizagem, que permitiu à CE avaliar os planos de atribuição de LEs e, assim, proceder aos melhoramentos necessários para colmatar as fragilidades encontradas. Desta avaliação resultarão os seguintes elementos:

- Para se atingir o cumprimento de Quioto, é necessária uma maior utilização do Comércio de Licenças de Emissão (CLE);
- A atribuição de LEs é mais restritiva para o sector energético, comparativamente aos restantes sectores abrangidos;
- Os EM que apresentam emissões reais substancialmente superiores às metas de Quioto, revelam a intenção de adquirir quantidades superiores de LEs;
- A recusa de ajustamentos *a posteriori* é fundamental para o desenvolvimento do CLE;
- Alguns dos planos de atribuição de LEs são demasiado complexos e pouco transparentes, dificultando a sua aplicabilidade.

Procedimentos e Regras Gerais do CELE, períodos I e II

No período I e II, as instalações abrangidas pela Directiva CELE tiveram de submeter à Autoridade Competente o pedido de Título de Emissão de Gases com Efeito de Estufa (TEGEE), em que o volume de LE atribuído corresponde às emissões do ano anterior, sendo que a monitorização das emissões se baseia nos requisitos da Decisão da Comissão 2007/589/CE, de 18 de Julho de 2007.

Os mecanismos de funcionamento dividem-se em três secções e as penalidades consoante o período do CELE, em que:

1. Se procede à atribuição a cada instalação de uma determinada quantidade de LEs (*grandfathering* ou atribuição gratuita);

2. Cada instalação deve possuir um conjunto de LEs equivalente às emissões de CO₂ efectivamente verificadas;
3. Cada instalação pode:
 - a) Comprar e/ou vender LEs no mercado;
 - b) Investir em acções de redução das suas emissões de CO₂;
 - c) Obter certificados de redução de emissões de MDL e IC.
4. Cada instalação fica sujeita ao pagamento de uma multa, proporcional ao nível de incumprimento:
 - a) €40 por cada tonelada de CO₂ no período 2005-2007, e
 - b) €100 por cada tonelada de CO₂ no período 2008-2012.

Em média, 10 559 instalações participaram no primeiro período de comércio de emissões. Estas instalações receberam direitos de emissão de 2 107 Mt CO₂ por ano e emitiram em média menos 2% (2 071 Mt CO₂ por ano). Em 2007, a quota atribuível ao CELE foi de cerca 43% do total das emissões de GEE da UE-27. Quase dois terços das instalações estão classificadas como instalações de combustão e estas são responsáveis por mais de 70% do total das emissões. O limite máximo a nível da UE para o período de 2008 a 2012 é de 2,081 mil milhões de licenças por ano, o que representa uma redução de 10,5% em relação ao inicialmente proposto nos planos de atribuição nacionais apresentados pelos EM. Em 2008, 10 680 instalações participaram no regime e as suas emissões verificadas foram superiores em 9% às licenças que lhes foram atribuídas (CE, 2009).

As LEs foram distribuídas pelos diferentes sectores abrangidos pela directiva, sendo que entre o período I e II, e para o caso português, houve uma redução de -11,3% no total de licenças de atribuição gratuita, tal como, é apresentado na Tabela 2.3. A diferença entre os sectores, têm como objectivo contribuir para a escassez de LEs no mercado de carbono (Ramôa Ribeiro et al., 2010).

Tabela 2.3 – Distribuição anual das emissões de CO₂ para o PNALE I e II (tCO₂/ano)
(adaptado de: Ribeiro et al., 2010)

Sector	PNALE I (2005-2007)	PNALE II (2008-2012)	Diferença entre PNALE I e II (%)
Centrais Termoeléctricas	20 969 238	16 476 305	-21,4
Refinarias	3 265 877	3 123 107	-4,4
Centrais de Cogeração	2 480 025	2 628 844	6,0
Unidade de combustão	535 445	1 489 104	178,1
Metalúrgicas	308 784	336 376	8,9
Cimenteiras	7 135 493	7 044 795	-1,3
Vidreiras	681 153	701 586	3,0
Papel e pasta de papel	362 841	361 848	-0,3
Cerâmica	1189 995	588 637	-50,5
Total	36 928 851	32 750 602	-11,3

Relativamente à Refinaria de Sines e para o período 2005-2007, a instalação recebeu direitos de emissão de 2 313 908 tCO₂/ano e, por encontrar-se actualmente no segundo período de cumprimento (2008-2012), a refinaria possui um Título de Emissões de Gases com Efeito de Estufa, TEGEE n.º 196.02.II, subjacente ao qual está a atribuição de 2 137 550 tCO₂/ano.

2.1.7. Redução voluntária de emissões de GEE

No Livro Verde sobre este tema e as subsequentes Comunicações da Comissão Europeia definem Responsabilidade Social das Empresas (RSE) como “um conceito no qual as empresas integram preocupações sociais e ambientais nas suas operações e na sua interacção com as partes interessadas numa base voluntária” (CE, 2001).

Desde o relatório de 1987 da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Comissão Brundtland), enfatizou-se a necessidade urgente de lidar com estes problemas. O conceito de mundo sustentável, introduzido no Relatório de Brundtland, está associado à procura de uma forma de desenvolvimento, capaz de garantir as necessidades da humanidade no presente sem, contudo, colocar em perigo a satisfação das necessidades das futuras gerações.

Os benefícios económicos, sociais e ambientais obtidos quando se adopta comportamentos socialmente responsáveis vão para além das fronteiras de uma única empresa e envolvem comunidades mais vastas. Para serem eficazes em termos de RSE, as empresas precisam de envolver todos os intervenientes na sua própria cadeia de abastecimento para actuar de forma socialmente responsável (Enderle, 2004).

Tal como os registos e relatórios financeiros, os relatórios de monitorizações voluntárias de GEE têm como objectivo apoiar e orientar o controlo e o registo das emissões, de forma a garantir uma informação fiável, justa e verdadeira. Estas práticas de monitorização e registo das emissões de GEE estão a evoluir e constituem novidade para muitos sectores de negócios mas, têm a capacidade de melhorar a conformidade, a transparência e a compreensão da informação relatada, facilitando a sua quantificação e avaliação ao longo do tempo.

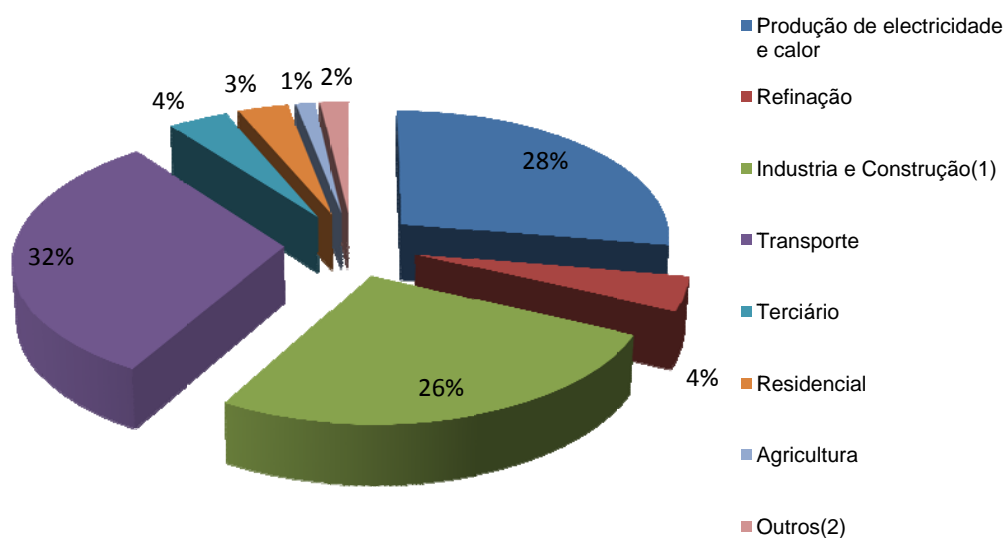
A IBM é um exemplo prático de sucesso de uma empresa que estabeleceu um programa voluntário como objectivo de redução de GEE. A IBM, uma das maiores empresas na área das tecnologias de Informação e membro do WRI Green Power Market Development Group, tem sistematicamente registado as emissões indirectas, identificando o seu potencial de redução. Uma das estratégias adoptadas tem sido a de apostar no mercado das energias renováveis, para reduzir a intensidade de GEE da sua electricidade comprada (IBM, 2009).

2.2. Sector da Refinação

Ao longo dos anos as refinarias de petróleo na UE foram desenvolvidas e adaptadas para atender às necessidades da procura, tanto em termos qualitativos como quantitativos, ao lidar com uma constante mudança de crudes economicamente atractivos. Reduzir as emissões de CO₂ nas refinarias torna-se assim um grande desafio para a UE.

Em 2007, o sector da refinação, a nível mundial, contribuiu com a emissão de 422 320 kt CO_{2eq}, o que significa a representatividade em cerca de 2% das emissões face às emissões totais mundiais. Relativamente à UE27, obteve uma representação de 32% das emissões de GEE, o equivalente à emissão de 135 627 kt CO_{2eq}.

Dado o objectivo do trabalho, que tem por objecto emissões de CO₂, importa fazer uma análise específica para este poluente em Portugal, designadamente a identificação dos sectores com maior significância para o total de emissões de CO₂ em 2007. Através da Figura 2.7 retira-se que a indústria da refinação em Portugal contribuiu com 4% em emissões deste poluente no referido ano.



(1) inclui emissões de processos industriais; (2) inclui emissões fugitivas e solventes

Figura 2.7 – Principais fontes de emissão de CO₂ em Portugal, no ano 2007

De salientar que a indústria de refinação em Portugal contribuiu com 2 624 kt CO₂ em 2007, o que representou cerca de 2% face às emissões verificadas na UE27.

3. DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO

3.1. Localização

A Refinaria de Sines, pertencente ao grupo Galp Energia através da empresa Petróleos de Portugal – Petrogal, S.A., é parte integrante do Complexo Industrial de Sines e insere-se na região do Alentejo (NUTII) e sub-região do Alentejo Litoral. Administrativamente, pertence ao distrito de Setúbal, concelho de Sines e freguesia de Sines.

A propriedade onde está instalada a Refinaria de Sines situa-se a cerca de 3 quilómetros a Este da cidade de Sines, encontrando-se enquadrada a Oeste e a Norte, pelas vias rápidas de acesso a Sines, passando também a Norte da zona da Refinaria a linha de Caminho de Ferro.

Nas imediações da Refinaria, também englobados na Área de Sines, coexistem outras unidades industriais, tais como a Central Termoelétrica da EDP, o Complexo Petroquímico em exploração pela REPSOL, uma Fábrica de Negro de Fumo da Carbogal, uma Unidade Metalomecânica da Metalsines, o Terminal Petrolífero e o Terminal de Carvão, para além de diversas infra-estruturas de apoio ao desenvolvimento industrial, de que se destaca a Estação de Tratamento de Águas Residuais da Ribeira de Moinhos. No que diz respeito à localização, como coordenadas geográficas a refinaria encontra-se referenciada a $37^{\circ}57'37''$ e $8^{\circ}48'42''$.

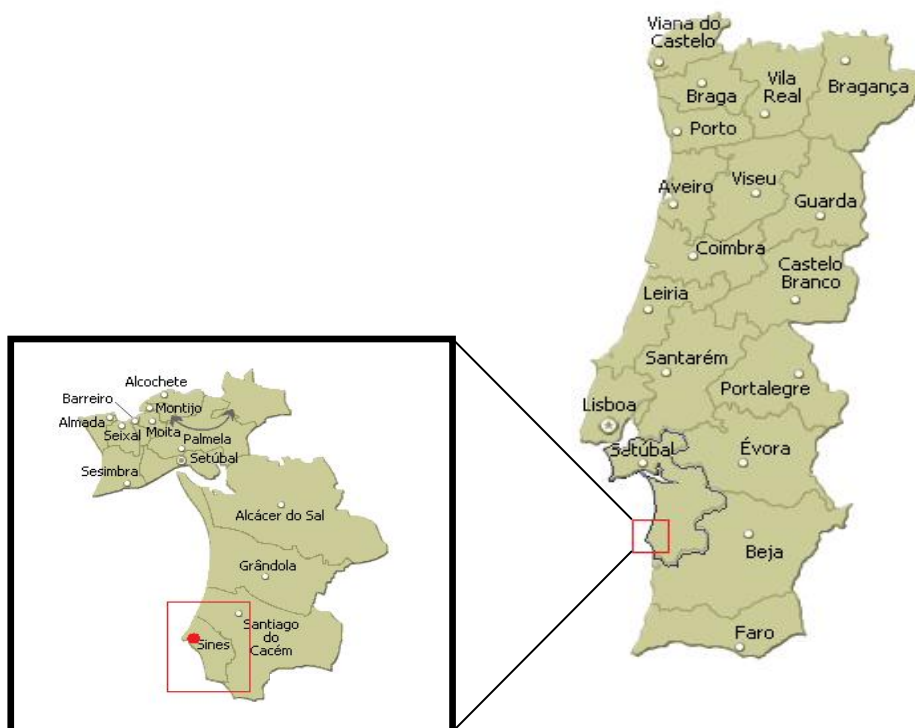


Figura 3.1 – Localização da Refinaria de Sines



Fonte: *Data Book* da Refinaria de Sines, 2006

Figura 3.2 – Refinaria de Sines

3.2. Historial do Desenvolvimento Processual

A propriedade onde se insere a Refinaria de Sines ocupa actualmente uma área de cerca de 330 ha. A Refinaria de Sines iniciou a sua actividade em 1978. Actualmente a capacidade instalada de processamento de petróleo bruto é de 10 milhões de t/ano.

A Refinaria está adaptada para tratar outras matérias-primas do exterior além de petróleo bruto, tais como gasóleo componente, gasóleo de vácuo e resíduo atmosférico. Na composição dos produtos finais podem ser incorporados directamente, componentes intermédios provenientes do exterior.

As crescentes exigências ambientais expressas nas Directivas Comunitárias, quer na qualidade, quer no perfil da procura de produtos (mais leves), implicaram uma evolução significativa no esquema processual da refinaria e nas emissões geradas de CO₂. Identificam-se seguidamente por ordem cronológica as alterações efectuadas na refinaria:

1993/1994 – Alteração da Reconfiguração Processual da Refinaria por introdução dos Complexos de Cracking e de Gasolinas, constituído pelas unidades de destilação de vácuo, cracking catalítico, alquilação, “visbreaker” e recuperação de enxofre. Esta modificação para um esquema de refinação “complexo” permitiu aumentar a produção de produtos mais limpos (gases, gasolinas e gasóleos), com características mais adequadas às especificações futuras,

nomeadamente gasolinas sem chumbo e com restrições na tensão de vapor e aromáticos, em substituição dos produtos mais pesados (fuel óleo).

1997 – Para cumprimento das exigências de redução de enxofre no gasóleo entraram em laboração as novas Unidades de Dessulfuração de Gasóleo, Stripper de Águas Ácidas e Tratamento por Aminas.

2000/2002 – Com o objectivo de dar cumprimentos às especificações de redução adicional de enxofre no gasóleo e gasolinas, iniciou-se em 2000 a construção das unidades: Unidade de Splitter e Hidrotratamento de Gasolina de Cracking (Unidade HT), Unidade de produção e Purificação de Hidrogénio, e modificaram-se as unidades de dessulfuração de gasóleo (aumento de capacidade/severidade).

2003/2004 – Alterações na unidade de dessulfuração de gasóleo de vácuo (carga da unidade de Craqueamento Catalítico em leito Fluidizado – sigla FCC, em inglês), para redução de enxofre nas correntes produzidas, nomeadamente, gasolina, gasóleo e fuel.

A unidade de produção de hidrogénio entrou em actividade no final de 2004, para cumprimento da 2ª fase da legislação europeia denominada Directiva Auto Oil.

3.3. Descrição Processual

A Refinaria é constituída por Unidades Processuais que envolvem operações de separação física, tratamento químico e conversão da estrutura molecular de algumas famílias de hidrocarbonetos. As operações químicas de conversão molecular, ocorrem normalmente em presença de catalisador, e nalguns casos numa atmosfera de hidrogénio.

As Unidades Processuais que integram a refinaria são: a destilação atmosférica e de vácuo, onde se faz a separação inicial das fracções de gases, nafta, petróleo, gasóleo, fuel óleo, gasóleo de vácuo e resíduo de vácuo contidas no petróleo bruto, e as unidades de tratamento para remoção de enxofre e outros compostos prejudiciais à utilização final dos produtos. As restantes unidades de conversão molecular onde se produzem produtos mais leves e “limpos” são as unidades de “*cracking*” catalítico de gasóleo de vácuo (FCC), “*cracking*” térmico de resíduo de vácuo (VISBREAKER) e “*hydrocracking*” de nafta (ISOMAX). Nas unidades de conversão molecular de reformação catalítica (PLATFORMING), melhora-se a característica de octano da gasolina, com produção simultânea de hidrogénio, na “alquilação” produz-se uma gasolina sem aromáticos e olefinas a partir de correntes gasosas, na reformação por vapor, produz-se hidrogénio a partir de nafta ou gás natural.

As emissões de CO₂ geradas nas operações referidas resultam da combustão em equipamentos próprios – fornos, e da regeneração dos catalisadores das unidades de FCC e reformação catalítica.

Actualmente a Refinaria de Sines integra as seguintes unidades (ver Figura 3.3), as quais se encontram distribuídas por duas áreas processuais principais designadas por Fabricação I e Fabricação II.

3.3.1 Fábrica I

A Fabricação I produz em segurança, respeitando o ambiente e de acordo com as metas estabelecidas, gases (essencialmente Fuel Gas, LPG e hidrogénio), gasolinas, petróleos, gasóleos e fuel-óleo, conduzindo os meios técnicos e humanos com a máxima eficiência e rentabilidade. Para tal possui várias unidades, de onde destacamos:

- Destilação Atmosférica e Fraccionamento

Unidade onde se dá a primeira separação nas seguintes fracções: gases e gasolinas, petróleo, gasóleo ligeiro, gasóleo pesado e resíduo atmosférico.

- Destilação sob Vácuo e Oxidação de Asfalto

Esta unidade visa a obtenção de gasóleo de vácuo e de resíduo utilizado na produção de asfaltos ou de fuel óleo de queima. O resíduo da unidade de Destilação de Vácuo é oxidado na Unidade de Oxidação de Asfalto obtendo-se características distintas, para fins específicos.

- Recuperação de Enxofre

Todo o gás proveniente do tratamento de gases por amina é conduzido à recuperação de enxofre, onde se processa, na presença de um catalisador, a sua reconversão em enxofre. Esta unidade tem como finalidade principal fazer respeitar os limites de poluição estabelecidos, evitando que o dióxido de enxofre resultante da queima directa de gases seja lançado na atmosfera.

- Merox's (LPG, Isopentano, Gasolina Ligeira, Petróleo SR)

As unidades de Merox promovem a extracção de mercaptanos (compostos reduzidos de enxofre corrosivos e que provocam mau cheiro) ou a sua conversão em dissulfuretos.

- Dessulfuração de gasóleos

Em duas unidades de dessulfuração de gasóleos, reduz-se o teor de enxofre do gasóleo de modo a cumprir as especificações comerciais para este combustível. Estas unidades estão já preparadas para produzir gasóleos com 10 ppm de enxofre, de acordo com as mais recentes exigências Comunitárias para estes combustíveis.

Na unidade de dessulfuração de gasóleo de vácuo reduz-se o teor de enxofre desta corrente, que é carga do FCC, permitindo ganhos económicos significativos e auxiliando na produção de gasolinas de baixo teor de enxofre.

- *Platforming* e CCR

Nesta unidade obtêm-se uma gasolina de elevado índice de octano, componente por excelência dos “*blendings*” (misturas) de gasolinas. Para além daquela gasolina são obtidos: hidrogénio (utilizado posteriormente nas unidades de Dessulfuração e de Isomax) e, ainda propano e butano.

- *Hydrobons* (Nafta, gasóleo Sr e Gasóleo de Vácuo)

Nesta unidade promove-se o tratamento de compostos sulfurados, azotados e oxigenados, em presença de um catalisador e em atmosfera de hidrogénio, de modo a remover aqueles contaminantes.

- Produção de Hidrogénio

Esta é a mais recente unidade da Refinaria de Sines, e foi construída essencialmente por questões ambientais, para produzir o hidrogénio necessário para dessulfurar os gasóleos e gasolinas de baixo teor de enxofre.

- Isomax

Através de reacções de hidrocracking, que têm lugar em atmosfera de hidrogénio e na presença de um catalisador, a nafta é convertida em propano e butano, produzindo, ainda uma pequena quantidade de gasolina de isomax, que vai servir, também como componente de gasolinas acabadas.

3.3.2 Fábrica II

Esta área da Refinaria de Sines tem como função o reaproveitamento do resíduo atmosférico da Destilação Atmosférica da Fabricação I, transformando-o em gases, gasolinas, gasóleos.

Para tal dispõe das seguintes unidades:

- Destilação sob Vácuo II

Esta unidade tem como carga o resíduo atmosférico proveniente da Destilação Atmosférica a partir do qual se obtêm os seguintes produtos: destilado, gasóleo de vácuo e resíduo de vácuo. O destilado depois de dessulfurado é enviado para a *pool* de gasóleos; o gasóleo de vácuo constitui a alimentação ao FCC (Craqueamento Catalítico em Leito Fluidizado) e o resíduo de vácuo alimenta a unidade de *Visbreaker* (Viscorredução).

- *Visbreaker* (Viscorredutor)

O principal objectivo desta unidade é reduzir a viscosidade do resíduo de vácuo proveniente das unidades de Vácuo I (em pequena percentagem) e Vácuo II, o que é conseguido através de um processo de craqueamento térmico, que leva à transformação do resíduo de vácuo, obtendo-se assim os seguintes produtos: resíduo de visbreaker, gasóleo, nafta e *off-gás*.

O resíduo de visbreaker é enviado para componentes de fuel-óleo, o gasóleo depois de dessulfurado é enviado para a *pool* de gasóleos, a nafta é alimentada ao FCC e o *off-gás* é enviado para a unidade de concentração de gases GC (concentração de gases) do FCC.

- FCC - *Fluid Catalytic Cracking* (Craqueamento Catalítico em Leito Fluidizado)

Esta unidade tem como carga o gasóleo de vácuo produzido nas unidades de Vácuo I e, II e, em menor percentagem resíduo atmosférico de determinada qualidade que é, segregado para este fim.

A carga é transformada através de um processo de cracking catalítico (o catalisador sólido são partículas finamente divididas que têm comportamento de fluido) nos seguintes produtos: LPG, gasolina, *swing-cut* (componente de gasóleo), LCO (*Light Cycle Oil*) e, *slurry* (componente de fuel-óleo). O LPG (gás de petróleo liquefeito) depois de tratado é separado em propileno e, butileno. O primeiro é utilizado na indústria petroquímica e, o segundo como carga à unidade de Alquilação. A gasolina que é o principal produto desta unidade, depois de dessulfurada na unidade HT é enviada para a *pool* de gasolinas. O *swing-cut* e, por vezes o LCO, depois de dessulfurados são enviados para a *pool* de gasóleos. O *slurry* é enviado para componentes de fuel-óleo. Obtém-se também uma corrente de fuel-gás, que depois de tratada é consumida nos sistemas de queima da Refinaria. A energia cinética dos gases provenientes da secção de regeneração do catalisador é aproveitada para gerar energia eléctrica numa unidade chamada

PRU (*Power Recover Unit* - Unidade de recuperação de energia). O valor nominal de produção de energia eléctrica é de 10MW.

- Alquilação

O objectivo desta unidade é produzir alquilado, que é utilizado como componente de gasolinas. Trata-se de um componente de muito boa qualidade devido essencialmente ao elevado índice de octano, ausência de olefinas e aromáticos. A carga desta unidade é constituída por butileno proveniente da unidade FCC e, isobutano produzido nas unidades da Fábrica I: Destilação Atmosférica e Isomax. O butileno depois de previamente tratado na unidade de *Hydrisom*, mistura-se com o isobutano vindo da secção de secagem, os quais reagem na presença de um catalisador dando origem ao alquilado. Este catalisador é constituído por ácido fluorídrico (HF) na fase líquida e, é continuamente regenerado na secção de regeneração.

- Enxofre

O fuel-gás e o LPG produzidos no FCC são tratados na unidade de Amina. Nesta unidade obtém-se uma corrente gasosa constituída essencialmente por H₂S, a qual é enviada para a unidade de enxofre, para se produzir enxofre líquido, que é posteriormente transformado em pequenas pastilhas sólidas. A conversão do H₂S em enxofre é feita em duas fases. A primeira é feita por oxidação parcial num forno e, a segunda através de uma reacção química entre o H₂S e, o SO₂ produzido no forno, chamada Claus. Esta reacção dá-se em três reactores com catalisador sólido. A transformação do H₂S (ácido sulfídrico) em enxofre sólido, é feita com o objectivo de preservar o ambiente.

- HT (Unidade de *Splitter* e Hidrotratamento de Gasolina de *Cracking*)

Esta unidade tem como objectivo dessulfurar (na presença de catalisadores sólidos adequados) a gasolina produzida na unidade FCC. A gasolina é inicialmente tratada num reactor onde através de uma reacção com hidrogénio, os dienos são convertidos em olefinas. A gasolina depois deste reactor é separada em dois produtos: a Gasolina de cracking ligeira - LCN que é enviada directamente para a pool de gasolinas e, a Gasolina de cracking pesada - HCN que é enviada para a secção de dessulfuração onde na presença de hidrogénio é removido o enxofre, sendo depois também enviada também para a *pool* de gasolinas. A existência desta unidade deve-se à necessidade de reduzir o teor em enxofre nas gasolinas, tendo como objectivo a redução de emissões poluentes.

3.4. Utilidades

Para além das unidades anteriormente descritas, a Refinaria dispõe ainda de infra-estruturas denominadas Utilidades, que apoiam o seu funcionamento, compostas por:

- Sistemas de Produção e Distribuição de Vapor;
- Sistemas de Produção e Distribuição de Energia Eléctrica;
- Sistemas de Água Bruta, Água Potável e Água de Refrigeração;
- Unidade de Tratamento de Águas (Produção de Água Desmineralizada);
- Sistemas de Água de Alimentação de Caldeiras e Condensados;
- Unidade de Ar Comprimido (Produção de Ar geral e Ar de Instrumentos);
- Tratamento e distribuição de Combustíveis Líquidos (Fuel-Óleo e Gasóleo).

A instalação está equipada com quatro caldeiras do tipo aquatubular com capacidade de 150 ton/h cada, que produzem vapor de 82 bar a 520°C.

A rede de distribuição de vapor funciona com os seguintes níveis de pressão: 82, 42, 24, 10,5 e 3,5 bar. Possui também quatro turbogeradores de 20 MVA cada, com extracção (vapor de 25 e 5 bar) e condensação.

A subestação de interligação à EDP dispõe de três transformadores de 60/10 kv e de 20 MVA. A rede de distribuição eléctrica é composta por cerca de vinte postos de transformação com os seguintes níveis de tensão: 10000, 3000, 380 e 220 V.

Existem duas torres de refrigeração com caudais circulantes de 15000 m³/h (Adstrita à Fabrica I e Central) e 9000 m³/h (Adstrita à Fabrica II, HG e HI).

A unidade de desmineralização possui quatro cadeias compostas por permutador catiónico, desgaseificador, permutador aniónico e leito misto.

3.5. Movimentação e Expedição de Produtos

A área da Armazenagem de produtos garante o fornecimento contínuo de matérias-primas, produtos intermédios e o escoamento dos produtos acabados ou componentes, sendo esta acção fundamental para a continuidade das operações da Refinaria e abastecimento do mercado. Nesta instalação existem tanques de armazenagem para matérias-primas, produtos intermédios e produtos acabados.

A área de logística da Refinaria é composta pela armazenagem, “blending” e expedição de produtos. A armazenagem é constituída por 153 tanques. Os tanques de petróleo bruto e de produtos leves (gasolinas acabadas e componentes) têm tecto flutuante, a fim de minimizar a emissão de vapores de hidrocarbonetos para a atmosfera. Pela mesma razão e por razões de estabilidade, os tanques de tecto fixo de nafta possuem uma atmosfera de azoto.

Os tanques de petróleo bruto estão equipados com misturadores laterais (três cada), para evitar a deposição de lamas no fundo. O Propano e o Butano são armazenados em esferas, sob pressão e em tanques refrigerados (- 40° C/- 50° C o Propano e -5° C o Butano). Existem ainda tanques aquecidos (betume, fuel-óleo seus componentes, enxofre), para manutenção de produtos em condições adequadas de fluidez.

O movimento interno de produtos envolve as seguintes operações:

- Operações de recepção de petróleo bruto e de outras matérias-primas;
- Operações de alimentação de unidades processuais;
- Operações de recepção dos diferentes produtos componentes;
- Operações de mistura dos diferentes componentes - blending - com vista a produzir o produto acabado dentro das especificações aplicáveis;
- Operações de expedição por navio-tanque; veículo-cisterna; vagão-cisterna, e tubagem (CLC e Repsol).

Na área de expedição, desenvolvem-se as seguintes actividades:

- Enchimento e expedição de veículos cisterna de todos os produtos;
- Enchimento e expedição de vagões cisterna de Resíduo de Alta Viscosidade e de Jet A-1;
- Enchimento e expedição de garrafas de propano e butano;
- Expedição de enxofre a granel e por veículo-cisterna;
- Abastecimento de bancas a navios;
- Assistência junto do Terminal Portuário às cargas e descargas de navios providenciando toda a documentação inerente;
- Controlo das quebras oceânicas.

É ainda responsabilidade desta área o tratamento de efluentes que provêm das bacias dos tanques da armazenagem, de purgas, bombas tanques linhas, *reliefs* das linhas (excepto área do crude, fuel, resíduos, gasóleos, petróleos e *jet's* e gasolinas acabadas, em que o produto do disparo das *reliefs* é recolhido nos tanques), processo, utilidades, esteiras de tubagens, estradas, sanitários e laboratório.

3.6. Incorporação dos Resultados do Estágio na Dissertação

A conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa implica o desenvolvimento de uma tese. A realização de um estágio entre Fevereiro a Agosto de 2009, no Departamento de Ambiente da Refinaria de Sines foi relevante para o desenvolvimento do caso de estudo que serviu de base à dissertação.

As actividades desenvolvidas decorreram de uma forma faseada, de acordo com a aquisição dos conhecimentos necessários à execução dos trabalhos da tese e também em área periféricas como:

- Estudo e optimização do sistema de pré-tratamento de efluentes da Refinaria de Sines, relacionando a qualidade do efluente industrial com a qualidade do petróleo bruto que alimenta a destilação atmosférica;
- Acompanhamento da evolução das emissões atmosféricas da Chaminé Principal, relacionando com o petróleo bruto e com os combustíveis utilizados;
- Formação a prestadores de serviços na área de gestão de resíduos;
- Análise da legislação Ambiental aplicável à Refinaria de Sines.

4. METODOLOGIA

Com o presente estudo pretende-se um melhor conhecimento da realidade associada à indústria de refinação, com particular ênfase no transporte do crude, na sua transformação e distribuição dos produtos refinados bem como outras emissões associadas à deslocação dos trabalhadores da sua habitação até ao local de trabalho, assim como propor recomendações de melhoria e possível adesão da Refinaria de Sines a uma redução voluntária de emissões.

Na Figura 4.1 é apresentado o esquema metodológico desenvolvido que incluiu a identificação das emissões associadas ao processo de produção (emissões directas), identificação das emissões indirectas - as quais se poderão integrar na redução voluntária de emissões, aquisição e compilação de informação para que, juntamente com a revisão da literatura, origine cenários e medidas correspondentes para redução de emissões.

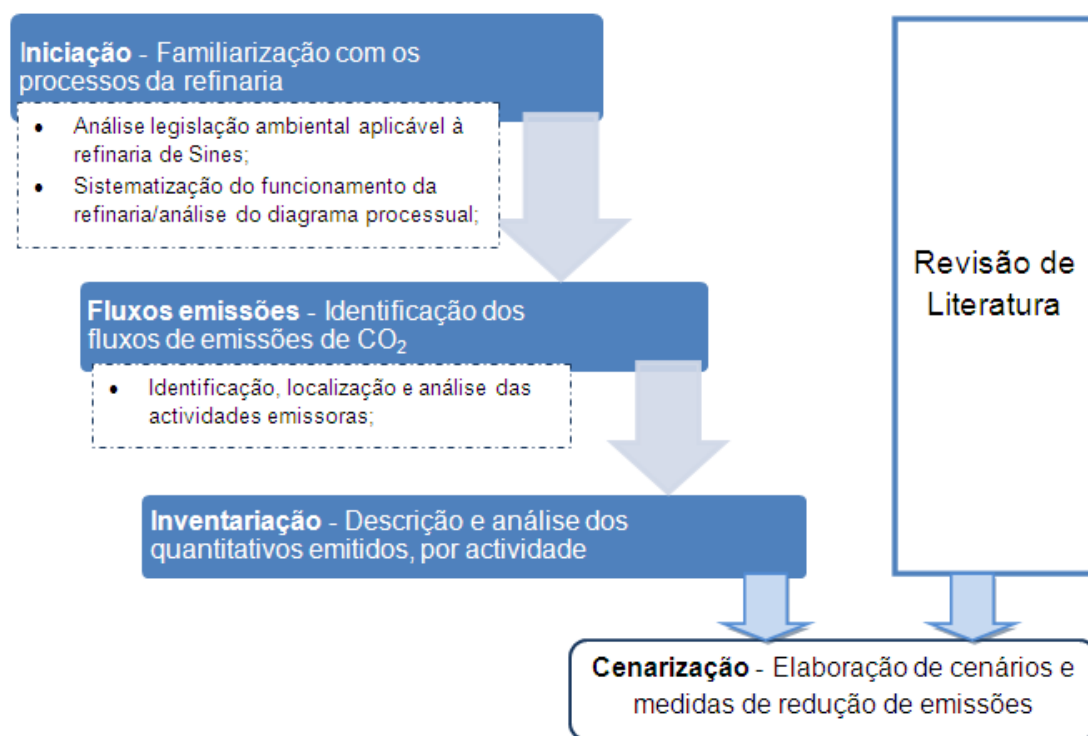


Figura 4.1 – Esquema metodológico

4.1. Processos da Refinaria

Para esta etapa foram analisados diversos documentos processuais (exemplo: Manuais Introdutórios de unidades de processo; *Best Available Technologies Reference Documents* (BREFs)), complementado com orientações e explicações por parte dos colaboradores do Departamento de Ambiente da Refinaria de Sines, durante o período de estágio realizado na mesma.

4.2. Identificação dos Fluxos de Emissões de CO₂, por Actividade

Nesta fase identificaram-se os fluxos globais de CO₂ da Refinaria. Para tal, foi elaborado um mapa de fluxo de CO₂ entre os vários sistemas envolvidos. Para além dos processos de produção (emissões directas) foram também considerados outros sistemas que contribuem para as emissões de CO₂, nomeadamente o transporte de matéria-prima para o terminal de granéis líquidos do Porto de Sines, o transporte dos produtos refinados para os respectivos portos nacionais e internacionais, a deslocação dos trabalhadores da sua habitação até ao local de trabalho e o consumo de utilidades (ex: electricidade).

A Figura 4.2 apresenta as fontes poluidoras agrupadas em cinco categorias de actividade. Pretende-se com isto quantificar os fluxos de CO₂ globais da Refinaria e localizar os principais focos para oportunidades de melhoria:

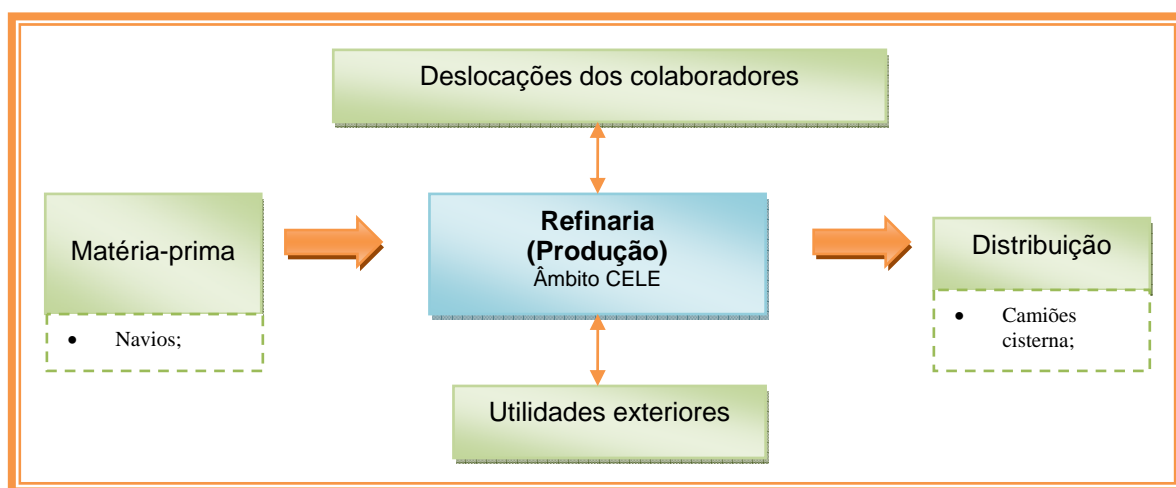


Figura 4.2 – Principais fontes de emissão de CO₂ na Refinaria de Sines

4.3. Inventariação e Análise dos Quantitativos Emitidos, por Actividade

A inventariação e caracterização das emissões gasosas industriais constituem elementos fundamentais para uma correcta avaliação do impacto na qualidade do ar e no clima. Neste contexto, assumem particular relevância as emissões de CO₂ geradas pela indústria petrolífera e actividades associadas.

4.3.1 Inventário de emissões

Neste capítulo são apresentadas as estimativas de emissão, na Refinaria de Sines, para o poluente dióxido de carbono (CO₂), tendo como ano de referência 2007, visto que, em 2008 foi ano de paragem geral.

O inventário foi efectuado de acordo com as componentes e orientação definida na Figura 4.2, com o objectivo de quantificar as emissões globais de CO₂, sendo parte por um lado um requisito do CELE (processos de produção) e constituindo as restantes componentes sistemas de intervenção voluntária.

Matéria-Prima

Esta categoria engloba os processos de chegada do crude, em navios, ao terminal de granéis líquidos (TGL) do porto de Sines e a chegada à Refinaria de Sines de carros tanque e vagão tanque. As emissões destas fontes foram inventariadas utilizando diversas abordagens metodológicas.

A metodologia aplicada à estimativa das emissões de CO₂ dos navios fundamenta-se no *Ships Emissions Study* da *National Technical University of Athens* (2008).

Para a implementar foi necessário solicitar o mapa de quantidades 2007 do movimento comercial da Refinaria de Sines, que engloba os registos da entrada de todos os navios e respectivas quantidades de “matéria-prima”. Adicionalmente foram requeridas as características e capacidade de carga de cada navio, retiradas dos volumes “*Register of Ships 2007-08*” e sítio internet da Organização Marítima Internacional (IMO).

Foi efectuada uma triagem aos dados anteriores, excluindo os navios que não apresentavam as dados/características necessárias, de forma a agrupá-los em três classes de deslocamento:

- inferiores a 130.000 toneladas - “*Aframax*”
- entre 130.000 toneladas e as 180.000 toneladas - “*Suezmax*”
- superiores a 180.000 toneladas - VLCC (*Very Large Crude Carriers*)

Considerando que cada navio transporta uma carga W (toneladas) do ponto A ao ponto B, percorrendo uma distância L (quilómetros), o cálculo das emissões de CO₂ por navio foi efectuado com base na seguinte expressão:

$$TCO_{2navio} = W \times L \times FE \quad (\text{eq 4.1})$$

Onde,

W – carga transportada pelo navio

L – distância do ponto A ao TGL do Porto de Sines

FE – factor de emissão correspondente a cada classe de navios (National Technical University of Athens, 2008).

A distância percorrida pelos navios desde o porto de origem até ao porto de Sines não foi disponibilizada. Como tal foi necessário recorrer a uma aproximação da eventual distância percorrida com base na utilização do *software Google Earth*. Partindo do nome do porto de origem da matéria-prima, única informação disponível no “mapa de quantidades de 2007”, foi medida a distância do percurso até ao TGL do Porto de Sines utilizando a régua do *software Google Earth*, procurando seguir as rotas mais comuns nestes trajectos de acordo com a classe de navio considerado (exemplo: navios até 150.000 toneladas atravessam o canal do Suez evitando circundar África).

A metodologia aplicada à estimativa das emissões de CO₂ dos carros-tanque fundamenta-se num processo de amostragem.

Para este processo foi necessário trabalho de campo, durante o estágio foram realizados inquéritos aos motoristas dos carros-tanque que chegavam à Refinaria de Sines com “matéria-prima”. Estes inquéritos tinham como objectivo saber a distância média percorrida desde o ponto de origem até à Refinaria de Sines, assim como o consumo médio de combustível registado pelo veículo.

Para que esta fosse estatisticamente aceitável recorreu-se a uma amostra de 131 carros-tanque. Sendo C o consumo médio de combustível gasto pelo veículo e L a distância média percorrida na viagem, o cálculo das emissões de CO₂ por carro-tanque foi efectuado com base na seguinte expressão:

$$TCO_{2\text{carro-tanque}} = (C_{\text{médio}} \times L_{\text{média}}) / 100 \times FE \quad (\text{eq 4.2})$$

onde,

C_{médio} – consumo médio de combustível do carro

L_{média} – distância do ponto A à Refinaria de Sines

FE – factor de emissão correspondente ao tipo de combustível e à respectiva classe de veículos.

A metodologia aplicada à estimativa das emissões de CO₂ do vagão tanque fundamenta-se também num processo de amostragem.

Foram realizados inquéritos aos motoristas do vagão-tanque que chegavam à Refinaria de Sines com “matéria-prima”. Estes tinham por objectivo saber o consumo de combustível registado na viagem desde a origem até à Refinaria de Sines. A distância percorrida é sempre igual visto que o trajecto é efectuado sempre de Alhandra – Refinaria de Sines – Alhandra.

Neste processo de amostragem não se teve em conta o número mínimo de amostras (63) necessárias para que esta fosse estatisticamente aceitável. Tal deve-se ao facto da locomotiva utilizada para o transporte dos vagões ser sempre a mesma.

Sendo C o consumo de combustível gasto na viagem, o cálculo das emissões de CO₂ por vagão-tanque foi com base na seguinte expressão:

$$TCO_{2\text{vagão-tanque}} = C \times FE \quad (\text{eq 4.3})$$

Onde,

C – consumo de combustível por viagem

FE – factor de emissão correspondente ao tipo de combustível e à respectiva classe de transporte.

Processo de Produção

O Inventário de emissões deste sistema contabilizará as emissões de dióxido de carbono (CO₂), por tipo de combustível, emitido pelos equipamentos de processo de produção da Refinaria, de acordo com a metodologia imposta no Título de Emissões de Gases com Efeito de Estufa (TEGEE) 196.01.

Em termos de monitorização de CO₂ no âmbito do Regime Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE) é necessário determinar com um alto grau de rigor o consumo dos principais combustíveis, sendo estes, o Fuel Gás, Resíduo Processual Combustível (RPC) e Gás Natural. Para tal, a Refinaria de Sines elabora diariamente o Balanço de Produção que permite analisar as cargas e produções das unidades processuais, nomeadamente, a produção de Fuel Gás e de Resíduo Processual Combustível, assim como o seu consumo nas caldeiras e fornalhas na instalação. O Balanço de Produção permite ter a informação validada e reconciliada dos consumos e produções dos diversos combustíveis e restantes produtos da Refinaria, graças à utilização das bases de dados informáticas RTDB (*Real Time Database*) e OAS (*Oil Logistics Accounting and Shipping System*), validando e reconciliando os dados processuais com a ajuda da aplicação SIGMAFINE.

Visto que o RPC e o Fuel Gás foram os combustíveis mais utilizados na Refinaria em 2007, as suas metodologias, para efeitos de cálculo de Emissão de CO₂, vão ser descritas em seguida.

- Resíduo Processual Combustível

O Resíduo Processual Combustível utilizado em processos de combustão na refinaria de Sines é preparado na Movimentação de Produtos por *blending* de diversos componentes intermédios

e fornecido à Central de Utilidades, onde é armazenado num de três reservatórios (OP-T 746, OP-T 747 e OP-T 748).

Cada um destes reservatórios tem a capacidade aproximada de 1500 m³ e recebe, de cada vez, cerca de 1100 tons de RPC. Os equipamentos de combustão que utilizam o RPC, queimam cerca de 945 tons por dia, pelo que cada reservatório assegura cerca de 28 a 29 horas. A filosofia de operação, normal, com estes reservatórios é:

- um reservatório a fornecer para os consumidores (caldeiras e fornalhas);
- um reservatório a ser abastecido a partir da Movimentação de Produtos;
- um reservatório cheio, em *stand-by*, aguardando oportunidade para começar a fornecer.

Quando um destes reservatórios começa a fornecer para os consumidores, é colhida uma amostra, pela Central de Utilidades, que segue para o Laboratório da Refinaria de Sines.

As amostras recolhidas (uma em cada 28/29 horas) são processadas pelo Laboratório, o qual prepara amostras compostas, a partir das amostras individuais dos lotes. Mensalmente, são preparadas 4 amostras médias “semanais”, de acordo com o seguinte princípio:

- 1 amostra média, composta a partir das amostras individuais recolhidas entre os dias 1 e 7 de cada mês;
- 1 amostra média, composta a partir das amostras individuais recolhidas entre os dias 8 e 14 de cada mês;
- 1 amostra média, composta a partir das amostras individuais recolhidas entre os dias 15 e 21 de cada mês;
- 1 amostra média, composta a partir das amostras individuais recolhidas entre os dias 22 e 31 (ou outro dia final) de cada mês.

Sobre cada uma destas amostras médias semanais, o Laboratório (Lab. acreditado pela ISO 17025 – Acreditação N.º 97/L.215) determina o *teor de carbono*, pelo método de ensaio ASTM D 5291. A incerteza deste método encontra-se no intervalo entre o valor de repetibilidade e o de reprodutibilidade que podem ser calculadas através da percentagem de massa de carbono obtida. Este valor será determinado correctamente no final de 2008. Na tabela onde se encontra a estimativa do grau de incerteza colocamos a mesma da associada à determinação da densidade, mas este valor é aproximado. Para além disso é necessário apontar que para este método e até a data não foi encontrado nenhum método ISO ou DIN equivalente. O equipamento que a refinaria de Sines dispõe (LECO CHNS 932) segue o método ASTM D5291 para a determinação de Carbono e Hidrogénio em combustíveis. Este é um método tradicionalmente utilizado na indústria do petróleo, e tanto o equipamento como método já existiam no laboratório, pelo que continua a ser utilizado para realização destas análises,

devido a exigências legais e contratuais. A partir dos valores obtidos para o teor de carbono no RPC, e com a quantificação do consumo deste combustível, determina-se as emissões de CO₂.

- Fuel Gás de refinaria

O Fuel Gás de refinaria, produzido em vários pontos da Refinaria de Sines, é conduzido a um reservatório (FF-V 9) onde é analisado continuamente por um cromatógrafo *on-line*, funcionando segundo método UOP 359 equivalente à ISO 6974-5. Em caso de avaria do analisador entra um Plano de Contingência para análise do Fuel Gás em Laboratório. Nesta situação, são realizadas duas análises diárias. Desta cromatografia resulta a composição do Fuel Gás expressa em fracção molar dos seus componentes. A partir da composição do Fuel Gás e respectivo balanço de carbonos, calcula-se o Factor de Emissão de CO₂ (Massa de carbono/1 t FG * 44/12), bem como o respectivo conteúdo energético.

Através do Balanço de Produção são também quantificadas as emissões associadas a cada equipamento de produção. As fontes de emissão abrangidas na metodologia do TEGEE e que correspondem aos equipamentos do processo de produção da Refinaria, são os seguintes:

- Caldeiras para produção de vapor
- Destilação Atmosférica
- Destilação de vácuo I
- Hydrobon de destilados
- Hydrobon de vácuo
- Isomax
- Platforming
- Recuperação de Enxofre I
- Alquilação
- FCC
- Dessulfuração de Gasóleo
- Visbreaking
- Destilação de vácuo II
- Recuperação de Enxofre II
- Produção de Hidrogénio
- Dessulfuração de Gasolina
- Flares I e II

Distribuição de Produtos

Esta categoria engloba os processos de distribuição dos produtos refinados, em navios, carro-tanque e vagão-tanque. Os navios partem do terminal de granéis líquidos (TGL) do porto de Sines com destino aos vários portos nacionais e internacionais, a viagem do vagão-tanque cinge-se ao trajecto estipulado (Alhandra) e o carro-tanque terá sempre como destino o abastecimento dos depósitos contidos nas áreas de serviço correspondentes a cada concessionária. As emissões destas fontes foram inventariadas utilizando as mesmas abordagens metodológicas que o sistema de matéria-prima, contudo são aplicadas diferentes variáveis, tais como a distância percorrida, tanto nos navios como nos carros-tanque.

Deslocações dos Colaboradores

Para fazer a avaliação de emissões atmosféricas do tráfego rodoviário associado aos colaboradores é necessário ter em conta os factores de emissão (FE) e os parâmetros relacionados com a actividade poluidora, como por exemplo, o consumo de combustível e distâncias percorridas. A formula utilizada é a seguinte:

$$\text{Emissão} = \text{FE} * \text{Nível de actividade}$$

O FE é uma grandeza específica de cada poluente e de cada actividade, que traduz a massa de um determinado poluente emitida por uma dada actividade. Os FE para o CO₂ são calculados com base na metodologia apresentada no Emission Inventory Guidebook de acordo com o EMEP/CORINAIR (*Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmission of air pollutants in Europe/CORe Inventory AIR emissions*) (EEA, 2006).

Tendo em conta as definições adoptadas pelo EMEP/CORINAIR foram consideradas três categorias de veículos (Ligeiros de passageiros, ligeiros de mercadorias e pesados de passageiros) e quatro factores de caracterização (idade do veículo, tipo de combustível, capacidade do motor e velocidade média de circulação).

Foi necessário desenvolver um trabalho de campo para proceder à contagem de carros no parque da refinaria de Sines. Foram realizadas duas contagens, uma no turno da manhã e outra no turno da tarde, por forma a englobar os veículos de todos os colaboradores da empresa. Adicionalmente foi requisitada a lista de todos os colaboradores Galp da refinaria para verificar quantos são e qual a sua origem (existem três, Santiago do Cacém, Sines e Santo André), assim como a sua distribuição por turnos e qual o número médio de trabalhadores que viaja de autocarro diariamente.

As distâncias percorridas das diferentes origens foram retiradas do estudo de Avaliação de Impacte Ambiental, referente ao Projecto de Reconfiguração Ambiental e Processual da

Refinaria de Sines efectuado pela AgriPro Ambiente em 2001, e corrigidas através da utilização do software *GoogleEarth*. Foi assumida uma velocidade média de 90 km/h. Para os veículos pesados de passageiros foi efectuado um inquérito aos motoristas com o objectivo de saber o consumo de combustível.

Dado que no CORINAR não existe uma metodologia específica para a contabilização do poluente para veículos a gasóleo da categoria Euro IV, foi utilizada a metodologia referente à categoria Euro III. Só foram contabilizadas emissões para veículos a gasóleo e gasolina, uma vez que não foram observados veículos a GPL.

Depois de identificado o número de veículos correspondentes à respectiva categoria procedeu-se ao cálculo dos respectivos factores de emissão (FE). Estes foram calculados de acordo com a seguinte expressão

$$EF = (a + c \times V + e \times V^2) / (1 + b \times V + d \times V^2) \quad (\text{eq. 4.4})$$

Onde:

a, c, e, b, e d são valores calculados presentes na metodologia da EMEP/CORINAIR

v – velocidade média adoptada para para cada uma das origens (Sines, Santiago do Cacém, Santo André)

Depois dos cálculos referentes aos FE, foi necessário proceder ao cálculo do consumo de combustível associado ao transporte individual, através da seguinte expressão:

$$\text{Consumo de combustível} = FE \times n^{\circ} \text{ de veículos} \times (\text{km}_{\text{percorridos}} \times \% \text{distribuição dos veículos}) \quad (\text{eq. 4.5})$$

Onde:

FE – factor de emissão

%distribuição dos veículos – distribuição calculada com base no n.º de colaboradores provenientes dos 3 pontos de origem (Sines, Santiago do Cacém e Santo André)

Em seguida, as emissões de CO₂ foram calculadas utilizando a seguinte expressão

$$E_{\text{CO}_2, j}^{\text{CALC}} = 44.011 \times \frac{FC_{jm}^{\text{CALC}}}{12.011 + 1.008 r_{\text{H.C.m}}} \quad (\text{eq. 4.6})$$

Onde:

E^{calc} – Emissões de CO₂

FC^{calc} – Consumo de combustível

Utilidades Exteriores – Electricidade

A avaliação das emissões de gases com efeito de estufa associadas ao consumo de electricidade foi efectuada através de duas abordagens. A Refinaria inclui Grandes Instalações de Combustão (GIC's) destinadas à produção de energia, com potência térmica superior a 50 MWt, sendo que, a contabilização destas emissões estão incluídas no sistema de produção da Refinaria, o qual contabiliza os combustíveis mais utilizados para a produção de energia que são o Fuel Gás, RPC e Gas Natural.

No *Data Book* da Refinaria de Sines vem ilustrado o consumo de electricidade adquirida pela Refinaria de Sines à rede, em 2007. Este valor consumido é apresentado em GWh e, sendo assim, é necessário o FE correspondente ao poluente CO₂ para o ano de 2007 (366 tCO₂/GWh), originando as respectivas emissões. O cálculo teve em conta a seguinte expressão

$$E_{\text{electricidade}} = \text{Electricidade}_{\text{adquirida à rede}} * FE \quad (\text{eq. 4.7})$$

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A aplicação da metodologia referida no capítulo anterior resultou num inventário global das emissões de CO₂ da Refinaria de Sines, que será complementado com uma análise particular a cada sistema.

A figura 5.1 apresenta a evolução das emissões de CO₂, na Refinaria de Sines, no período de 2005-2007, adicionalmente está representada, para o mesmo período a quantidade de licenças de emissão atribuídas à Refinaria, dado que esta é abrangida pela Directiva CELE, e por conseguinte teve de obter o Título de Emissão de Gases com Efeito de Estufa (TEGEE), para o qual é atribuído um volume de licenças de emissão (LE) de 2 313 908 t/ano.

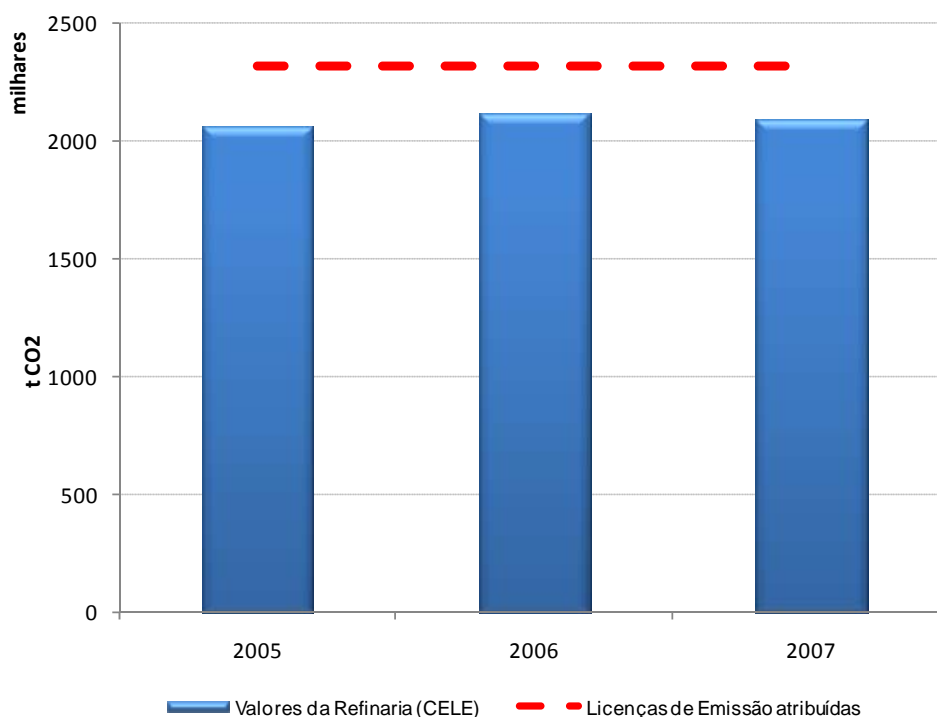


Figura 5.1 - Emissões de CO₂ abrangidas pelo CELE na Refinaria de Sines (2005-07)

Para o período considerado verifica-se uma reduzida variação das emissões totais de CO₂, com o ano de 2006 a apresentar o valor mais elevado (2,1 milhões de toneladas de CO₂), estando contudo qualquer um dos anos abaixo do número de total de licenças de emissão atribuídas à Refinaria.

O valor estimado para 2007, considerando os pressupostos metodológicos desta tese, ou seja, incluir não só o sistema de produção (abrangido pelo CELE) mas também os outros sistemas indirectamente relacionados com a actividade da Refinaria, é superior em cerca de 21%

(aproximadamente 448 000 tCO₂) ao contabilizado no âmbito do CELE pela Refinaria - estimou-se para este ano, a emissão de 2,5 milhões de toneladas de CO₂.

Como anteriormente referido, foram considerados vários sistemas do funcionamento da Refinaria (Figura 4.2) para contabilizar as emissões totais de CO₂. A Figura 5.2 apresenta as emissões totais de cada um destes sistemas, permitindo identificar o peso relativo de cada um destes no quantitativo global.

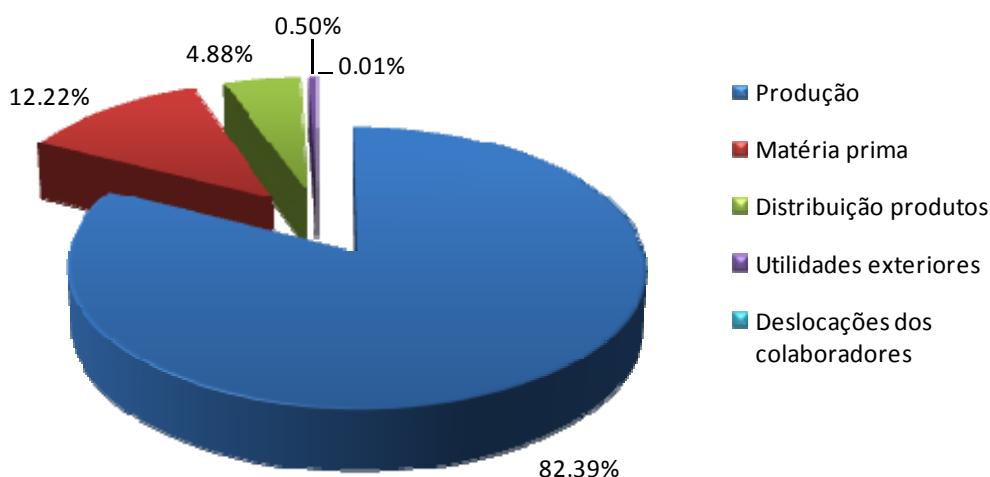


Figura 5.2 – Distribuição das emissões de CO₂ por sistema

Constata-se claramente o papel preponderante do sistema de produção no total de emissões: este representa aproximadamente 82% do total emitido. Importa também destacar o valor do sistema “Matéria prima”, que, com cerca de 12%, é o segundo sistema com mais emissões. Comparativamente o sistema de distribuição representa menos de metade do sistema “Matéria prima”, com cerca de 5%. Este diferencial será discutido mais adiante, na análise individual dos vários sistemas. A contribuição de 0,5% para as emissões totais da Refinaria são representadas pelas utilidades exteriores, nomeadamente, a aquisição de electricidade à rede.

5.1. Matéria Prima

Este sistema está associado à emissão de 310 732 toneladas de CO₂ por via de três vectores, navios, carros-tanque e vagão tanque. Praticamente a totalidade das emissões relacionadas com o transporte da matéria prima resulta dos navios (99,6%) consignada em termos de inventário de emissões à escala internacional no sector denominado como *bunker-fuel*, onde não há uma atribuição directa a cada país.

5.2. Processo de Produção

Esta componente, abrangida pelo CELE, representa a maior fatia das emissões globais com cerca de 82%, o que na prática significa quantitativos na ordem dos 2 milhões de toneladas de CO₂. Esta informação encontra-se desagregada por tipo de combustível e por fonte (equipamento de processo).

A Figura 5.3 apresenta as emissões de CO₂ de acordo com o tipo de combustível utilizado nos processos de produção da Refinaria. Consta-se que os combustíveis responsáveis por mais emissões são o Resíduos processual de combustível (RPC), o Fuel Gás, Coque FCC e o Gás Natural. Estes quatro representam cerca de 97% das emissões.

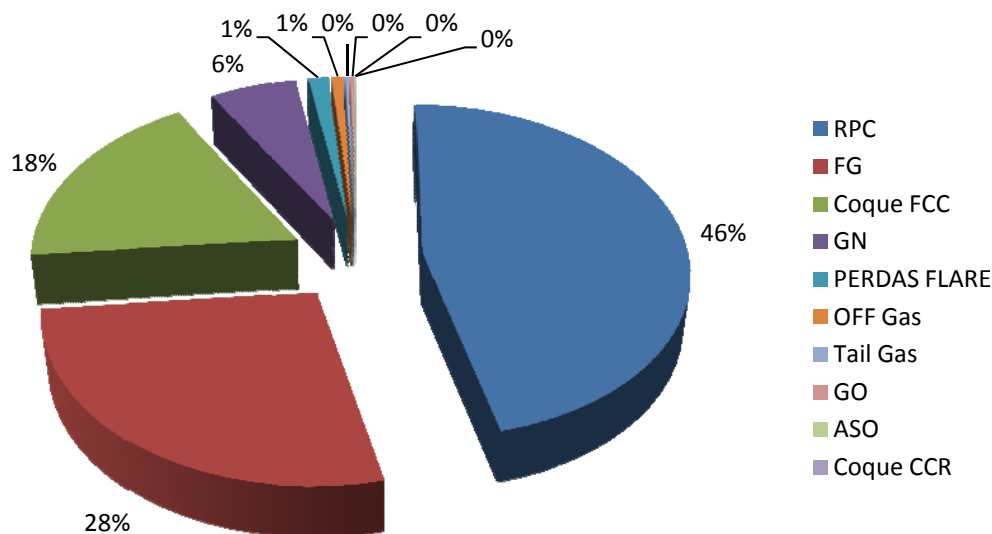


Figura 5.3 - Emissões de CO₂ por tipo de combustível

Analisando particularmente os dois combustíveis com mais emissões, o RPC e Fuel Gás (46% e 28%, respectivamente) constata-se que apesar de consumirem quantitativos de combustível relativamente semelhantes o RPC apresenta emissões bastante superiores (Figura 5.4).

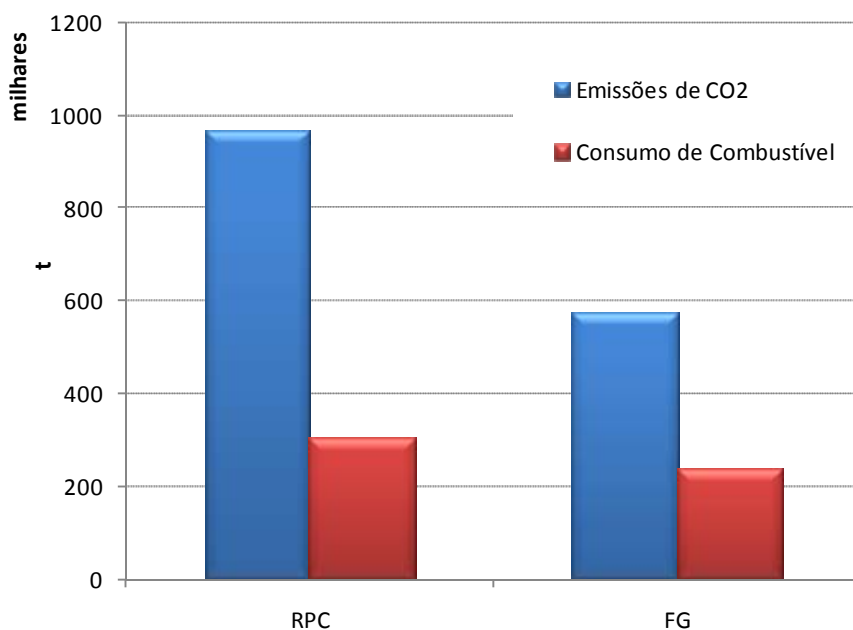


Figura 5.4 - Combustível consumido vs Emissões de CO₂, em 2007.

Desta relação pode-se ainda retirar a quantidade de CO₂ emitida por unidade de combustível consumido. O RPC apresenta um valor anual de 3,2 tCO₂/t_{combustível}, superior ao valor do Fuel Gás, com emissões anuais na ordem dos 2,4 tCO₂/t_{combustível}.

Para além da análise das emissões por tipo de combustível, as emissões totais são também desagregadas por tipo de equipamento de processo (Figura 5.5). Dos 18 equipamentos destacam-se três que representam as maiores fatias de emissões, nomeadamente as caldeiras para produção de vapor (34%), destilação atmosférica (20%) e FCC (18%).

Existe uma relação directa entre os equipamentos e os tipos de combustíveis, por exemplo, as caldeiras para produção de vapor consomem exclusivamente RPC e Fuel Gás. Outro exemplo prende-se com a unidade FCC que consome exclusivamente todo o combustível Coque, o que resulta que ambos, embora em diferentes gráficos, apresentem a mesma percentagem (18%).

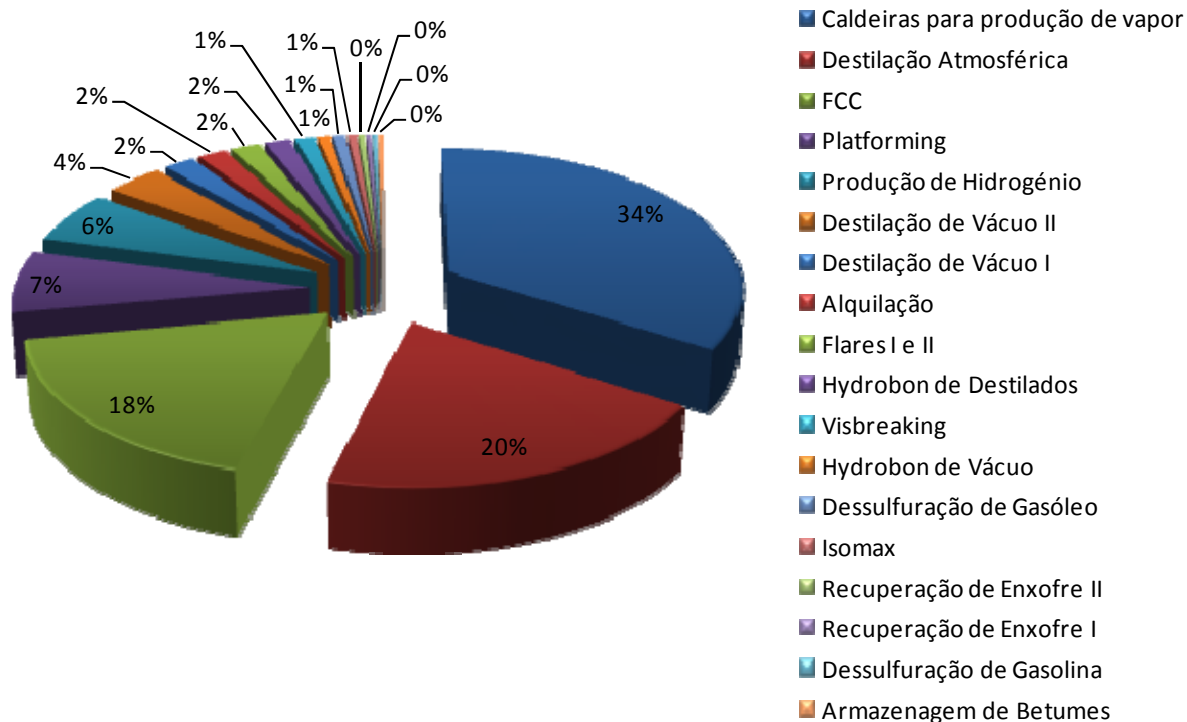


Figura 5.5 - Emissões de CO₂ por processo de produção (equipamento)

5.3. Distribuição de Produtos

Este sistema está associado à emissão de 124 111 toneladas de CO₂ por via de três vectores, navios, carros-tanque e vagão tanque. Tal como no sistema de Matérias primas o navio representa a maior percentagem as emissões (74%), contudo as necessidade logísticas associadas à distribuição por diversos pontos exige a utilização dos outros tipos de veículos de transporte.

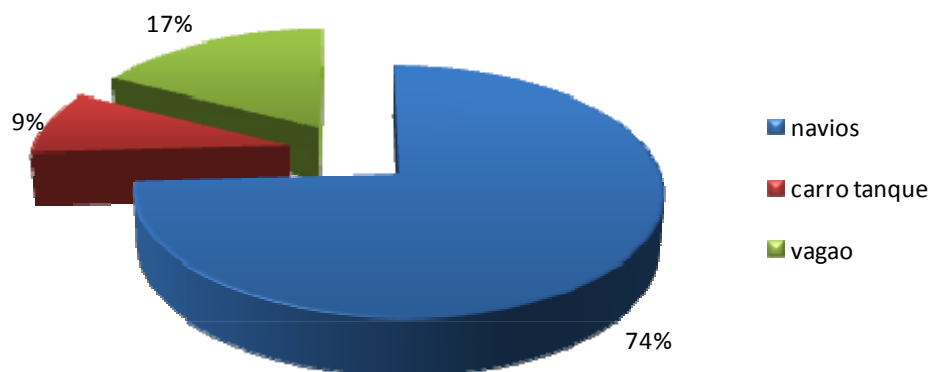


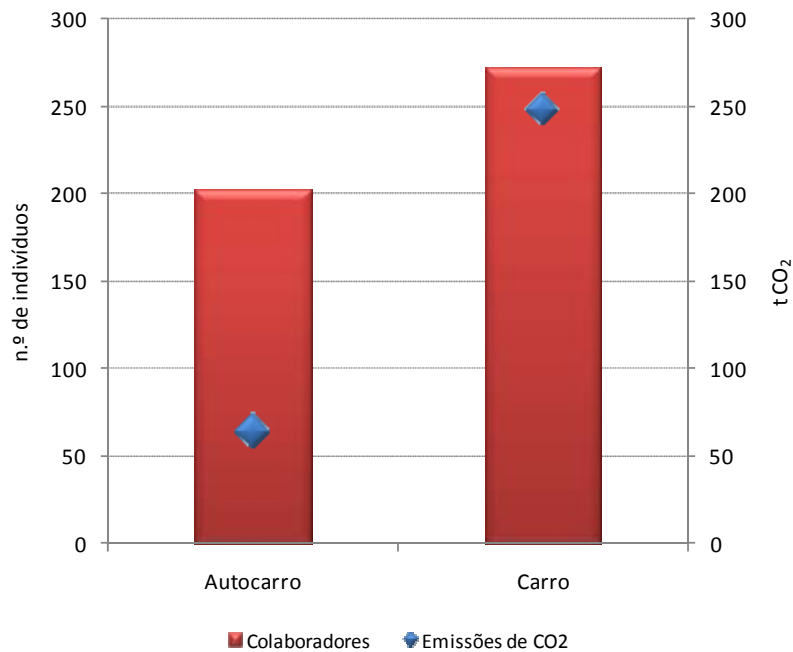
Figura 5.6 - Emissões de CO₂ associadas à distribuição de produtos, por tipo de transporte

Foi anteriormente referido que as emissões do sistema Matérias Primas representam o dobro das emissões do sistema de distribuição do produto. Tal é reflexo de uma maior utilização de carros tanque e vagão tanque. Apesar de terem menor capacidade de carga e terem de fazer mais viagens, estas são bastante mais curtas do que as dos navios, e estes veículos apresentam consumos muito inferiores aos navios. O peso dos navios neste sistema é fortemente influenciado pelas exportações: existe uma proporcionalidade directa entre estes dois factores, quanto maior for a exportação, mais necessário será recorrer à utilização de navios.

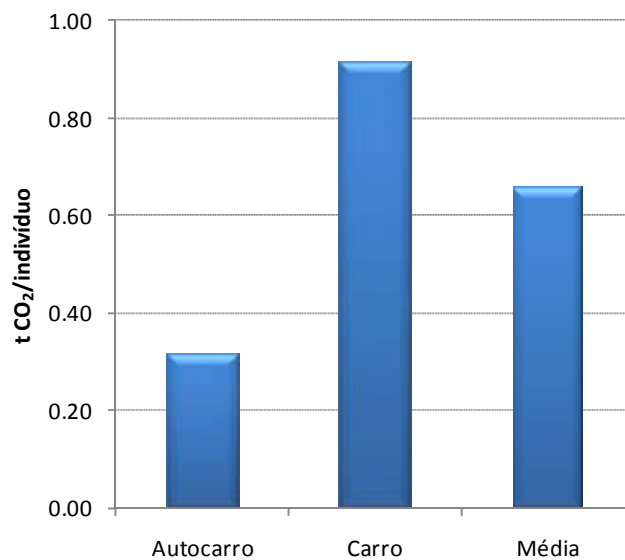
5.4. Deslocações dos Colaboradores

Este sistema representa a menor percentagem no total de CO₂ emitido, correspondente a 313 toneladas de CO₂ por ano e resulta das deslocações residência-trabalho e vice-versa, que os colaboradores efectuam diariamente, por meio de transporte individual e colectivo.

A figura 5.7 ilustra os tipos de transporte utilizados, por número de indivíduos, bem como as emissões associadas ao mesmo. Constata-se que a maior parte de colaboradores utiliza o transporte individual (57%), ao qual estão associadas 80% das emissões de CO₂ deste sistema.

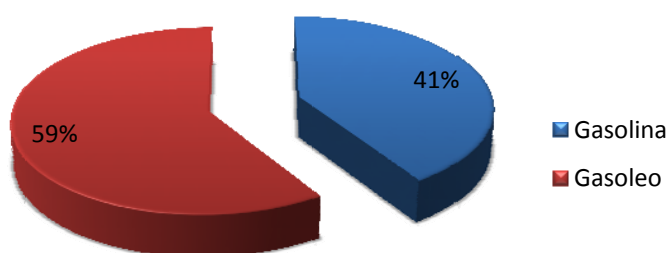
Figura 5.7 - Emissões de CO₂/ano vs número de colaboradores

Desta relação pode-se ainda retirar a quantidade de CO₂ emitida por indivíduo. O transporte colectivo apresenta um valor anual de 0,32 tCO₂/indivíduo, três vezes inferior ao valor do transporte individual, com emissões anuais na ordem de 1 tCO₂/indivíduo, como se verifica na figura seguinte.

Figura 5.8 - Emissões de CO₂ por colaborador

Face ao peso das emissões do transporte individual ser tão elevado importa desagregar os dados por tipo de combustível e veículo utilizado. Esta análise passa por demonstrar que os veículos a gasóleo são responsáveis pela maioria das emissões, o que resulta do facto de também serem utilizados em maior número.

Relativamente à categoria de veículos utilizados, a Euro III é responsável por mais de metade das emissões totais deste sistema. Constata-se ainda que os veículos Euro I e II, ou seja, os mais antigos ainda têm uma assinalável representatividade (31%).



Euro I
Euro II
Euro III
Euro IV

Figuras 1 e 5.10 - Emissões de CO₂ por tipo de combustível (esq.) e por categoria de veículo (dir.)

5.5. Utilidades Exteriores

Este sistema representa a energia eléctrica adquirida pela Refinaria, o que contribui com 12 810 toneladas de CO₂ para o total de emissões. A aquisição de energia eléctrica representa contudo uma pequena parcela da energia consumida pela Refinaria, uma vez que produzem cerca de 385 GWh. Adicionalmente são ainda vendidos 12 GWh.

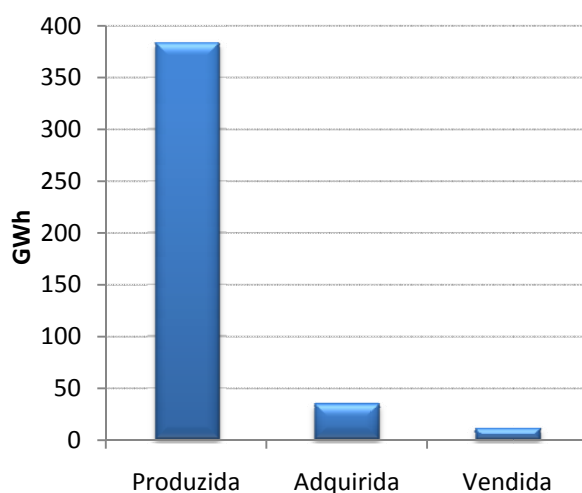


Figura 5.11 - Relação entre a electricidade produzida, adquirida e vendida

5.6. Erros Associados

O estudo foi efectuado procurando reduzir ao máximo o erro associado na contabilização efectuada. No entanto, os resultados apresentarão sempre incertezas associadas à forma de cálculo utilizada, uma vez que de modo geral a informação disponível era limitada.

Os cálculos efectuados para a contabilização das emissões dos navios de transporte de matéria-prima e de produtos finais, que tiveram por base valores associados a cada classe de navios (como mencionado no capítulo da metodologia) não consideram variáveis específicas tais como: i) os combustíveis utilizados, ii) a duração de atracagem, ou seja, os dias ou horas que os navios estariam atracados tanto no carregamento como na descarga de matéria-prima e iii) a passagem por outros portos previamente ou após a passagem no porto de Sines. A exclusão destas variáveis deveu-se à escassez de informação disponível, e a possibilidade de aplicação de uma outra abordagem com menor erro associado uma vez que os dados utilizados teriam maior fiabilidade.

A utilização do *software Google Earth* para o cálculo da distância percorrida pelos navios, do porto A para o TGL do Porto de Sines, detém também erros associados, nomeadamente à própria escala do software, bem como no que se refere à variabilidade do percurso realmente efectuado. Contudo, o cálculo das distâncias percorridas tivera em consideração o trajecto mais directo e tipicamente efectuado.

O consumo de combustível do carro e do vagão tanque foi efectuado através da utilização de valores médios. Para o carro tanque o erro da medição está inerente ao registo efectuado pelo computador de bordo integrado nestes veículos. O erro associado ao valor médio de consumo

de combustível no vagão tanque provém do modo de aquisição da informação, uma vez que foi fornecida pelos próprios utilizadores dos veículos.

6. IDENTIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE REDUÇÃO DE EMISSÕES E OPORTUNIDADES DE MELHORIA, POR ACTIVIDADE

Com o presente trabalho pretende-se um melhor conhecimento da realidade associada à indústria de refinação, com particular ênfase no transporte do crude, na sua transformação e distribuição dos produtos refinados bem como outras emissões associadas à deslocação dos trabalhadores da sua habitação até ao local de trabalho e vice-versa.

Relativamente à transformação da matéria-prima, ou seja, o processo de produção, o potencial de redução de emissões é efectuado regularmente através dos *Best Available Technologies Reference Documents* (BREFs), produzidos por um painel de especialistas Europeus que inclui peritos dos vários Estados membros, representantes da indústria europeia (ONGI) e das Organizações Não Governamentais de Ambiente (ONGA) com o objectivo de definir as Melhores Tecnologias Disponíveis (MTD) para os vários sectores de actividade abrangidos pela Directiva 2008/1/CE (Directiva PCIP). São consideradas MTD as práticas (que incluem procedimentos e tecnologias/equipamentos) mais eficazes em termos ambientais, evitando ou reduzindo as emissões e o impacto no ambiente da actividade que possam ser aplicadas em condições técnica e economicamente viáveis (APA, 2009).

Para além das melhorias tecnológicas no processo de produção é possível intervir no âmbito do combustível utilizado pelos diversos equipamentos de processo. Um exemplo deste tipo de medidas pode ser aplicado aos equipamentos que utilizam exclusivamente os combustíveis RPC e Fuel Gás, nestes casos a redução parcial ou total da utilização do RPC resulta numa diminuição significativa das emissões de CO₂ (Figura 5.4).

Nos sistemas de chegada de matéria prima e, por conseguinte, no transporte dos produtos refinados sugere-se a intervenção nos três tipos de transporte utilizados, isto é, a Refinaria poderia aplicar protocolos com os fornecedores e distribuidores onde, por exemplo, requeria a utilização de carros tanque da categoria Euro IV, estimulando assim a renovação da frota das empresas. No que diz respeito aos navios, existe um elevado potencial de redução de emissões de CO₂, contudo, sugere-se um estudo mais aprofundado para serem retiradas elações com um intervalo de confiança mais elevado.

No entanto, quaisquer alterações às frotas dos meios de transporte tanto de matéria prima como de distribuição, não estão sob a competência directa da Refinaria. Como tal, qualquer intervenção neste campo está dependente da disponibilidade de outros para assumir a responsabilidade de redução de emissões ou acima de tudo de uma mudança estrutural do mercado energético.

No sistema de utilidades exteriores não existe espaço para qualquer intervenção no âmbito da redução de emissões, dado que a Refinaria está a produzir electricidade na sua capacidade máxima, ou seja, será sempre necessária a aquisição de energia eléctrica à rede. Uma eventual alteração/modernização de alguns equipamentos pode ter um efeito de redução das necessidades de energia eléctrica.

O único sistema que poderá obter uma intervenção mais rápida, simples e eficaz no âmbito da redução de emissões de CO₂ é a deslocação dos colaboradores da sua habitação para a Refinaria e vice-versa, apesar de se tratar da área inventariada com um peso quase insignificante.

Através da análise efectuada no capítulo anterior a este sistema, verifica-se que apesar de existirem meios de transportes colectivos, a maior parte dos colaboradores opta pelo meio de transporte individual, o que origina um número elevado de emissões associadas às deslocações realizadas.

Para este fim, são desenvolvidos dois cenários que pretendem simular as emissões com base em duas premissas absolutamente opostas, numa primeira, em que todos os colaboradores utilizam o transporte individual para se deslocar para a Refinaria (cenário “*By Car*”), e outro em que todos utilizam o transporte colectivo como meio de transporte (cenário “*Bus share*”).

Os dois cenários são apresentados juntamente com os resultados obtidos no inventário realizado cenário “*business as usual*”.

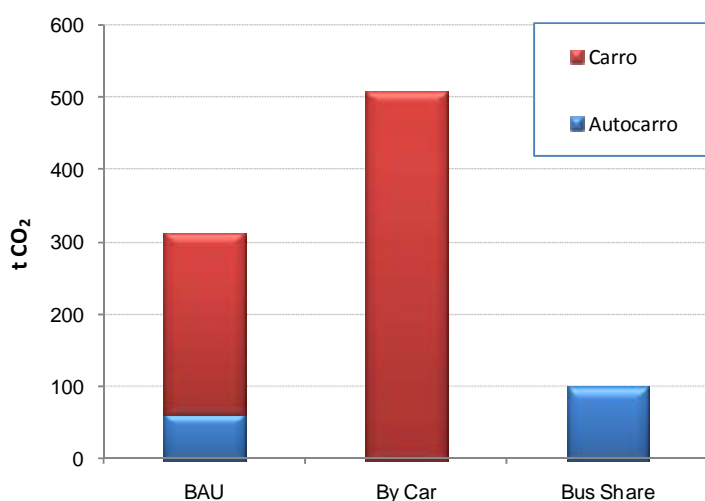
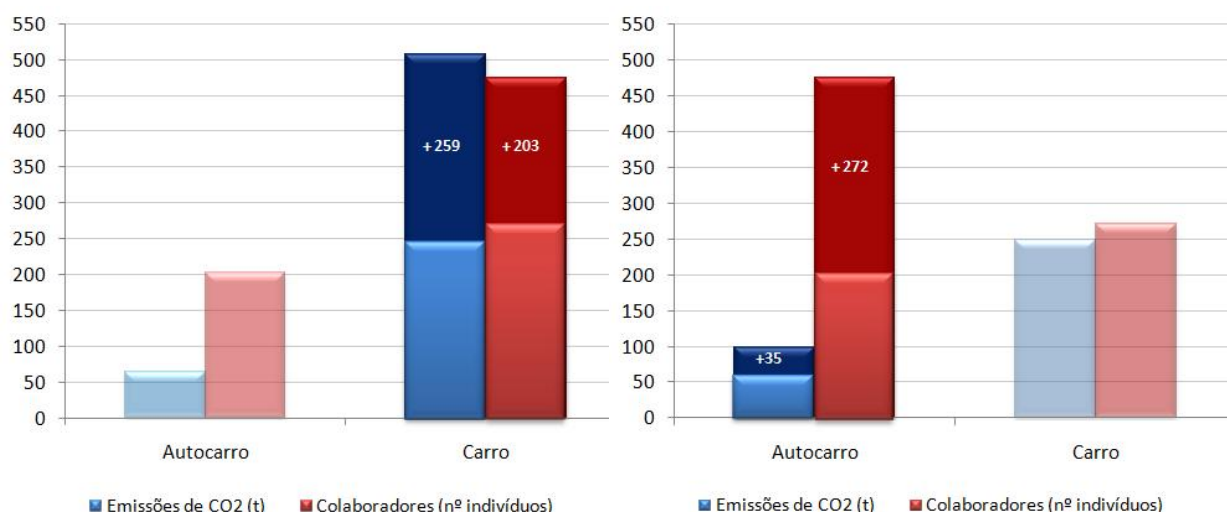


Figura 6.1 - Emissões totais de CO₂ por cenário

Através da figura anterior, verifica-se que no cenário “By car” as emissões crescem significativamente face à situação actual, perfazendo 508 toneladas de emissão de CO₂, devido ao facto de todos os colaboradores utilizarem o transporte individual. Este cenário poderá ocorrer no caso da Refinaria optar por suspender o serviço de autocarro devido à maioria dos colaboradores optarem pelo transporte individual e apenas um pequeno número dos mesmos utilizar transporte colectivo, tornando essa opção inviável.

Por outro lado, caso todos os colaboradores optassem pelo transporte colectivo as emissões de CO₂ seriam bastante inferiores comparativamente ao cenário “By Car”, mas também significativamente inferiores à situação actual.

As figuras 6.2 e 6.3 ilustram as alterações nos quantitativos de emissões de CO₂ que resultam da modificação do comportamento dos colaboradores de acordo com os cenários “By Car” (esquerda) e “Bus Share” (direita) face à situação actual, cenário “business as usual”.



Figuras 6.2 e 6.3 – Alterações introduzidas pelos cenários By Car (esquerda) e Bus Share (direita) em comparação à situação actual (BAU)

Na análise comparativa entre o cenário By Car e o BAU constata-se que a transferência dos actuais utilizadores de transporte colectivo para uma utilização do transporte individual resulta num aumento das emissões associadas a esse grupo de 64 toneladas de CO₂ para 259 toneladas de CO₂. Esta alteração provoca um aumento das emissões anuais por cada colaborador de 0,32 t CO₂/indivíduo para 1,27 t CO₂/indivíduo.

Em relação à análise dos cenários Bus Share e o BAU verifica-se uma diminuição das emissões totais em 150 toneladas de CO₂ com a transferência dos utilizadores de transporte

individual para uma utilização do transporte colectivo. Esta alteração provoca uma diminuição das emissões anuais por colaborador de 0,32 t CO₂/indivíduo para 0,21 t CO₂/indivíduo.

Uma análise às emissões médias por colaborador demonstra uma significativa redução, na ordem dos 50%, com a implementação do cenário Bus Share face à situação actual. O cenário By Car apresenta um valor muito elevado, com aproximadamente 1,1 toneladas de CO₂ por indivíduo.

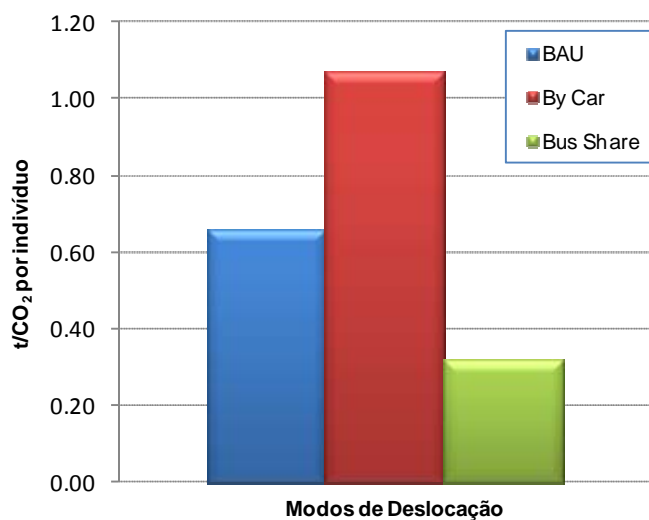


Figura 6.4 - Emissões de CO₂ por indivíduo

7. CONCLUSÃO

O objectivo principal do presente trabalho foi quantificar e avaliar as emissões de CO₂, na Refinaria de Sines para o ano de 2007, considerando as emissões directas, objecto de obrigatoriedade legal e integradas no denominado mercado europeu de licenças de emissão, e as emissões consideradas indirectas. Para esse efeito foi necessário adquirir conhecimento sobre a realidade associada aos diversos sistemas e processos da indústria da refinação, com particular ênfase no transporte do crude, na sua transformação e distribuição dos produtos refinados, bem como outros processos indirectamente relacionados à produção de crude, tais como a deslocação dos trabalhadores da sua habitação até ao local de trabalho.

Esse conhecimento e a necessária recolha de dados foi possível graças ao estágio efectuado durante seis meses na Refinaria, contudo, o período ideal teria sido de um ano de forma a incorporar os efeitos de sazonalidade.

Para alcançar este objectivo foi efectuada uma inventariação das emissões directas e indirectas de CO₂ das actividades associadas à Refinaria, o que conduziu a uma proposta de diversas oportunidades de melhoria para a gestão das emissões. Esta inventariação permitiu estimar a emissão total de 2.5 milhões tCO₂ para o ano de 2007, repartidas pelas cinco categorias em avaliação, o sistema de “matéria prima” com 310 732 tCO₂, o sistema de “produção” com 2 milhões de tCO₂, o sistema de “distribuição” com 124 111 tCO₂, o sistema de “deslocação dos colaboradores” com 313 tCO₂ e por último o sistema de “utilidades exteriores” com 12 810 tCO₂.

A inventarização foi elaborada com base em diversas metodologias, e aplicado a todas as fontes de emissões de CO₂ da Refinaria. As emissões associadas ao processo de produção encontram-se disponíveis e discriminadas pela Refinaria, dada à sua obrigatoriedade de reporte, e como tal era de mais fácil acessibilidade. Por outro lado, a quantificação das emissões de todos os outros sistemas considerados acarretou maiores desafios, devido à inexistência de dados mas também às escassas metodologias de cálculo para as mesmas. Para o sistema de transporte de matéria prima, por exemplo, verificou-se uma enorme dificuldade na obtenção de dados relativos às características dos veículos de transporte, particularmente dos navios.

Com o inventário foi possível estimar a emissão de 2,5 milhões de toneladas de CO₂ para 2007, considerando os pressupostos metodológicos desta tese, ou seja, incluir não só o sistema de produção (abrangido pelo CELE) mas também os outros sistemas indirectamente

relacionados com a actividade da Refinaria. Este resultado é superior em cerca de 21% (aproximadamente 448 000 tCO₂) face ao apresentado pela Refinaria no âmbito do CELE.

A componente de produção representa a maior fatia das emissões globais com cerca de 82%, o que na prática significa quantitativos na ordem dos 2 milhões de toneladas de CO₂. Importa também destacar o valor do sistema “Matéria prima”, que com cerca de 12% é o segundo sistema com mais emissões. Comparativamente o sistema de distribuição representa menos de metade do sistema “Matéria prima”, com cerca de 5%. Este facto deve-se a uma maior utilização de carros tanque e vagão tanque que, apesar de terem menor capacidade de carga e terem de fazer mais viagens, estas são bastante mais curtas do que as dos navios, e estes veículos apresentam consumos muito inferiores aos navios, por km percorrido.

O sistema “Deslocação dos colaboradores” representa a menor percentagem no total de CO₂ emitido, correspondente a 313 toneladas de CO₂, e ele estão associadas as deslocações residência-trabalho e vice-versa. Deste sistema constata-se que a maior parte de colaboradores utiliza o transporte individual (57%), ao qual estão associadas 80% das emissões de CO₂ deste sistema. Disto resulta que o transporte colectivo apresenta um valor de emissão de toneladas de CO₂ por indivíduo três vezes inferior ao valor do transporte individual.

Após a análise dos dados obtidos no inventário foram propostas oportunidades de melhoria para os diversos sistemas, como por exemplo intervir no âmbito do combustível utilizado pelos diversos equipamentos de processo de produção, optando por utilizar os que apresentam menores níveis emissão por tonelada de combustível.

No entanto a implementação da maioria das propostas de melhoria apresentadas está dependente da disponibilidade e motivação de terceiros, o único sistema que poderá em que a Refinaria pode intervir no âmbito da redução de emissões de CO₂ é no sistema “deslocação dos colaboradores”. Para explorar eventuais medidas foram desenvolvidos cenários de intervenção, um em que todos os colaboradores utilizam o transporte individual para se deslocar para a Refinaria (cenário “By Car”), e outro em que todos utilizam o transporte colectivo como meio de transporte (cenário “Bus share”).

A análise comparativa do cenário Bus Share com a situação actual verifica-se uma diminuição das emissões totais em 150 toneladas de CO₂ com a transferência dos utilizadores de transporte individual para uma utilização do transporte colectivo. O que resulta numa redução na ordem dos 50%, das emissões médias por colaborador. Considerando o cenário “By car” as emissões crescem significativamente face à situação actual, perfazendo 508 toneladas de emissão de CO₂, comparativamente às actuais 313 toneladas de CO₂. Nesse sentido é de todo

favorável que a Refinaria estimule os colaboradores a utilizar o transporte colectivo, sendo o ideal erradicar o transporte individual por parte dos colaboradores.

Este trabalho permitiu identificar todas as emissões de CO₂ associadas ao funcionamento da Refinaria de Sines, bem como potenciais melhorias a implementar no âmbito da redução desses quantitativos, complementando os actuais esforços de ordem regulamentar com iniciativas voluntárias tendo em vista a melhoria dos níveis de responsabilidade social e ambiental da empresa.

8. REFERÊNCIAS

Antunes, P. (2007). *Economia Ecológica - Introdução*. Monte de Caparica, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa: Disponível em: <http://moodle.fct.unl.pt> [Acedido a 20 de Novembro de 2010].

Antunes, P., Santos, R., Lobo, G., Videira, N., Vaz, S. G., Fernandes, T., Ramos, T., (2008). *Avaliação Ambiental Estratégica do PROTA - Relatório de Ambiente*. Monte de Caparica: DCEA Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa [Acedido a 15 de Outubro de 2010].

Agência Portuguesa do Ambiente (APA) (2004). *Concretização do protocolo de Quioto: Os acordos de Marraquexe e suas implicações para a estratégia nacional de combate às alterações climáticas*. Agência Portuguesa do Ambiente, Amadora

Agência Portuguesa do Ambiente (APA) (2010). *Alterações Climáticas*. Disponível em: <http://www.apambiente.pt/POLITICASAMBIENTE/ALTERACOESCLIMATICAS/Paginas/default.aspx> [Acedido a 15 de Agosto de 2010].

Agência Portuguesa do Ambiente APA. (2010a). *Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990-2008*. Agência Portuguesa do Ambiente. Amadora

Agência Portuguesa do Ambiente (APA) (2010b), *Enquadramento legislativo*. Disponível em <http://www.apambiente.pt/Instrumentos/CELE/EnquadLegisl/Paginas/default.aspx> [acedido a 8 de Setembro de 2010]

Abadie, L. & Chamorro, J. (2008). *European CO₂ prices and carbon capture investments*. *Energy Economics*, Vol. 30 , 2992-3015.

Comissão Europeia (CE) (2001). *Promover um quadro europeu para a responsabilidade social das empresas*. Comissão das Comunidades Europeias. Bruxelas.

Comissão Europeia (CE) (2005). *Comunicação da Comissão: Relatório sobre os progressos demonstráveis no âmbito do Protocolo de Quioto*. Disponível em: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0615:FIN:PT:PDF> [Acedido a 22 de Novembro de 2010].

Comissão Europeia (CE) (2006). *REPORT FROM THE COMMISSION Assigned Amount Report of the European Union*. Disponível em: http://unfccc.int/files/national_reports/initial_reports_under_the_kyoto_protocol/application/pdf/ec_assigned_amount_report_en.pdf [Acedido a 22 de Novembro de 2010].

Comissão Europeia (CE) (2008). *Proposta de Decisão do Parlamento Europeu e do Conselho 2008/0014*. Disponível em: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0017:FIN:PT:PDF> [Acedido a 23 de Novembro de 2010].

Comissão Europeia (CE) (2009). *Quinto Relatório de comunicação nacional da Comunidade Europeia à UNFCCC*. Comissão Europeia. Bruxelas

Comissão Europeia (CE) (2009a). *Livro Branco - Adaptação às alterações climáticas: para um quadro de acção europeu*. Comissão Europeia. Bruxelas.

European Environmental Agency (EEA) (2006). *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook Technical Report no 11 – Chapter ROAD TRANSPORT*. Disponível em: http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR4/group_07.pdf

European Environmental Agency (EEA) (2010). *The European Environment State and Outlook 2010: Adapting to Climate Change*. Copenhagen.

Enderle, G (2004). *Global competition and corporate responsibilities of small and medium-sized enterprises*. Business Ethics: a European Review Vol.13 , 50-63.

Global Carbon Project (2009). *Carbon budget 2007+. Climate Change - Global Risks, Chalanges & Decisions*. Copenhagen.

IBM. (2009). *IBM and the Environment: 2009 Anual Report*. Disponível em: http://www.ibm.com/ibm/environment/annual/IBMEnvReport_2009.pdf [Acedido a 10 de Janeiro de 2011].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. University Press. Cambridge.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007). *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. University Press. Cambridge.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007a). *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. University Press. Cambridge.

Mendes, F. R. (2008). *Responsabilidade Social das Empresas, Competitividade e Desenvolvimento Sustentável*. Ingenium 108.

Reed, M. S. (2008). *Stakeholder participation for environmental management: a literature review*. Biological Conservation Vol.141 , 2417-2431.

Ramôa Ribeiro, F., Tomás, R.A.F., Santos, V.M.S., Gomes, J.F.P., Bordado, J.C.M. (2010). *Assessment of the impact of the European CO₂ emissions trading scheme on the Portuguese chemical industry*. Energy Policy Vol. 30 , 626-632.

Santos, F.D. (2000). *Alterações Climáticas: Ciência, Tecnologia e Política*. Faculdade de Ciências da Univeridade Nova de Lisboa.

Santos, F.D. & Miranda, P. (2006). *Alterações Climáticas em Portugal: Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação - Projecto SIAM II*. Lisboa: Gradiva.

SENDECO2. (2011). *SENDECO2. Sistema Electrónico de Negociação de Direitos de Emissão de CO₂*. Disponível em: www.sendeco2.com/index-uk.asp [Acedido a 13 de Fevereiro de 2011].

United Nations Environmental Programme (UNEP) (2007). *fourth Global Environment Outlook: environment for development assessment report*. United Nations Environmental Programme, Valletta.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (1997). *Kyoto Protocol. United Nations Framework Convention on Climate Change*. Kyoto.

World Trade Organization (WTO) (2009). *Trade and Climate Change*. World Trade Organization Publications, Switzerland.